

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of:

Toru KATAGIRI, et al.

Application No.:

Group Art Unit:

Filed: September 21, 2001

Examiner:

For: OPTICAL NODE DEVICE AND SYSTEM INCLUDING THE DEVICE

**SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIOR FOREIGN
APPLICATION IN ACCORDANCE
WITH THE REQUIREMENTS OF 37 C.F.R. §1.55**

Assistant Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

Sir:

In accordance with the provisions of 37 C.F.R. §1.55, the applicant(s) submit(s) herewith a certified copy of the following foreign application:

Japanese Patent Application No. 2001-004711

Filed: January 12, 2001

It is respectfully requested that the applicant(s) be given the benefit of the foreign filing date(s) as evidenced by the certified papers attached hereto, in accordance with the requirements of 35 U.S.C. §119.

Respectfully submitted,

STAAS & NELSEY LLP

Date: September 21, 2001

By:

James D. Halsey, Jr.
Registration No. 22,729

700 11th Street, N.W., Ste. 500
Washington, D.C. 20001
(202) 434-1500

J1036 U.S. PTO
09/960405
09/24/01



日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

J1036 U.S. PTO
09/960405
09/24/01


別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office

出願年月日

Date of Application: 2001年 1月 12日

出願番号

Application Number: 特願2001-004711

出願人

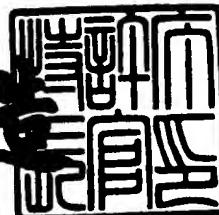
Applicant(s): 富士通株式会社

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2001年 6月 8日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3054220

【書類名】 特許願
【整理番号】 0051353
【提出日】 平成13年 1月12日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 H04B 09/00
【発明の名称】 光ノード装置及び該装置を備えたシステム
【請求項の数】 4
【発明者】
【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通
株式会社内
【氏名】 片桐 徹
【発明者】
【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通
株式会社内
【氏名】 友藤 博朗
【発明者】
【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通
株式会社内
【氏名】 尾中 寛
【特許出願人】
【識別番号】 000005223
【氏名又は名称】 富士通株式会社
【代理人】
【識別番号】 100075384
【弁理士】
【氏名又は名称】 松本 昂
【電話番号】 03-3582-7477
【手数料の表示】
【予納台帳番号】 001764

特2001-004711

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9704374

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光ノード装置及び該装置を備えたシステム

【特許請求の範囲】

【請求項1】 光ファイバによって提供される閉ループを含む光ネットワークに適用される光ノード装置であって、

異なる波長を有する複数の光信号を波長分割多重して得られたWDM信号光を供給され、上記WDM信号光から少なくとも1つの光信号を分離する機能及び上記WDM信号光の少なくとも1つの空き波長チャネルに少なくとも1つの光信号を挿入する機能を有する可変波長選択素子と、

上記可変波長選択素子に光学的に接続され、上記少なくとも1つの光信号の信号帯域を除く帯域で雑音を除去する波長選択フィルタとを備えた光ノード装置。

【請求項2】 光ファイバによって提供される閉ループと、

上記閉ループに沿って設けられた複数の光ノード装置とを備え、

上記複数の光ノード装置の少なくとも1つの光ノード装置は、

異なる波長を有する複数の光信号を波長分割多重して得られたWDM信号光を供給され、上記WDM信号光から少なくとも1つの光信号を分離する機能及び上記WDMの少なくとも1つの空き波長チャネルに少なくとも1つの光信号を挿入する機能を有する可変波長選択素子と、

上記可変波長選択素子に光学的に接続され、上記少なくとも1つの光信号の信号帯域を除く帯域で雑音を除去する波長選択フィルタとを備えているシステム。

【請求項3】 光ファイバによって提供される閉ループを含む光ネットワークに適用される光ノード装置であって、

異なる波長を有するn (nは1<nを満たす整数) 個の光信号を波長分割多重して得られたWDM信号光を供給されてn個の光信号に分離する光デマルチプレクサと、

各々第1及び第2の入力ポート並びに第1及び第2の出力ポートを有し、上記各第1の入力ポートには上記光デマルチプレクサから出力された各光信号が供給され、上記第1及び第2の入力ポートと上記第1及び第2の出力ポートとがそれぞれ接続されるバー状態と上記第1及び第2の入力ポートと上記第2及び第1の

出力ポートとがそれぞれ接続されるクロス状態とを切換える n 個の 2×2 光スイッチと、

上記 2×2 光スイッチの第 1 の出力ポートから出力された複数の光信号を波長分割多重する光マルチプレクサとを備えた光ノード装置。

【請求項 4】 光ファイバによって提供される閉ループと、

上記閉ループに沿って設けられた複数の光ノード装置とを備え、

上記複数の光ノード装置の少なくとも 1 つの光ノード装置は、

異なる波長を有する n (n は $1 < n$ を満たす整数) 個の光信号を波長分割多重して得られた WDM 信号光を供給されて n 個の光信号に分離する光デマルチプレクサと、

各々第 1 及び第 2 の入力ポート並びに第 1 及び第 2 の出力ポートを有し、上記各第 1 の入力ポートには上記光デマルチプレクサから出力された各光信号が供給され、上記第 1 及び第 2 の入力ポートと上記第 1 及び第 2 の出力ポートとがそれぞれ接続されるバー状態と上記第 1 及び第 2 の入力ポートと上記第 2 及び第 1 の出力ポートとがそれぞれ接続されるクロス状態とを切換える n 個の 2×2 光スイッチと、

上記 2×2 光スイッチの第 1 の出力ポートから出力された複数の光信号を波長分割多重する光マルチプレクサとを備えているシステム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は光ノード装置及び該装置を備えたシステムに関する。

【0002】

【従来の技術】

近年における IP (インターネットプロトコル) トラフィックの急激な伸び等により、大容量で柔軟性に優れ且つ低コストなネットワークの構築に対する要求が増えている。そのために、WDM (波長分割多重) をベースとした光リングネットワークの構築が進められている。そのようなネットワークでは、光の波長を 1 本のパスとしてとらえるので、ネットワーク上の任意ノードにおいて所望の波

長を有する光信号（即ちパス）を分岐・挿入するための光ノード装置が重要な役割を果たす。そのような機能を有する光ノード装置としては、光ADM（OADM: Optical Add/Drop Multiplexer）がある。OADMは、所望波長の光信号の分岐・挿入を光のまま行う。

【0003】

図1は従来技術による光ノード装置のブロック図である。波長 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N$ を有する光信号を波長分割多重して得られたWDM信号光は、入力光伝送路から光増幅器を経由して可変波長選択素子へ入力される。このノードで分岐される任意波長（図では λ_2 及び λ_3 ）の光信号は可変波長選択素子のドロップポート（drop）より出力され、このノードにおいて挿入される任意波長（図では λ_4 及び λ_5 ）の光信号はアッドポート（add）より入力される。

【0004】

ドロップポートより出力された光信号は、光増幅器を経由して $1 \times N$ 光カプラ（ $1 \times N$ CPL）によりN分岐され、分岐された光信号はそれぞれ波長可変フィルタ（TF）を選択的に通過して、光受信機（Rx）において受信される。

【0005】

このノードで挿入されるべき光信号は、波長可変レーザダイオード（TLD）から出力された所望波長のCW光（連続波光）を光変調器（Mod）によって変調することで得られる。得られた複数の光信号は、 $1 \times N$ 光カプラ（ $1 \times N$ CPL）において合波され、その結果得られた光は光増幅器を経由して可変波長選択素子のアッドポートに供給される。

【0006】

可変波長選択素子を通過する光信号は、アッドポートから供給された光信号と合波された後にスルーポート（through）より出力され、光増幅器を経由して出力光伝送路へと出力される。

【0007】

図1に示される光ノード装置をWDM光波ネットワークの各ノードとして用いた場合、全てのノードにおいて光信号を終端（光／電気変換又は電気／光変換）する必要がなく、光信号（又はパス）の送信端及び受信端に相当するノードにお

いてのみ光信号を終端すれば足りる。従って、全てのノードにおいて光信号の終端を必要とする S O N E T (Synchronous Optical NETwork) ／ S D H (Synchronous Digital Hierarchy) の技術に基づいたネットワークを構成した場合と比較して、ノードコストを大幅に低減することができる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

このように、任意波長の光信号を分岐・挿入するタイプの OADM を用いた WDM 技術をベースとする光波ネットワークにおいては、全てのノードにおいて光信号を終端する必要がないので、 S O N E T ／ S D H 技術をベースとしたネットワークと比較して、ノードコストを大幅に低減することができる。

【0009】

しかし、光ファイバによって提供される閉ループを含む光ネットワーク（例えば WDM 光リングネットワーク）に光ノード装置を適用した場合、次に示す 3 つの条件が揃ったときに光パワーの発振が生じるという問題がある。

【0010】

(1) 各光ノード装置において光信号を終端しない。

【0011】

(2) 閉ループのループ利得がループ損失よりも大きい。

【0012】

(3) 何れの光ノード装置においても分岐・挿入されない光信号帯域（例えば隣接する波長チャネル間の帯域に存在する光増幅器の ASE 雑音等）が存在する。

【0013】

図 2 を参照すると、WDM 光リングネットワークにおける光パワーの発振の様子が示されている。光ファイバによって提供される閉ループに沿ってノード A～D が時計回りにこの順で設けられている。ここでは、ノード A より λ_1 ～ λ_4 の 4 波長の光信号が挿入され、ノード D より λ_1 ～ λ_4 の 4 波長チャネル全てが分岐される場合が示されている。

【0014】

ノードAの出力直後のスペクトル-1は、光ノード装置や光伝送路中の光増幅器から発生するA S E雑音の影響を強く受けていないスペクトルである。しかし、図中スペクトル-2及びスペクトル-3で示されるように、光信号が伝送されるに従って、閉ループに沿って設けられる図示しない複数の光増幅器で生じるA S E雑音が累積してくる。スペクトル-4はノードDより分岐されるスペクトルを示しており、スペクトル-5はノードDを通過した光のスペクトルを示している。ノードDにおいては4波長チャネルの光信号全てが分岐されているので、スペクトル-5は一般的にはA S E雑音のみによるスペクトルとなる。そして、このような状況で前述の3つの条件が満たされたときに、光パワーの発振が生じるものである（スペクトル-6を参照）。

【0015】

図3は可変波長選択素子としてAOTF（音響光学チューナブルフィルタ）の透過特性の一例を示している。図では、波長 λ_1 ～ λ_4 の4波長チャネルに対するアッドポート、ドロップポート及びスルーポートの透過特性が示されている。スルーポートの透過特性では、隣接する波長間隔（ $\Delta\lambda$ ）とリジェクション帯域（ Δw ）の関係が $\Delta w < \Delta\lambda$ となっている。このようなスルーポートの透過特性である場合、リジェクションすべき波長の信号成分が充分に取り除かれるので、コヒーレントクロストークを低く抑えることが可能であり、ある波長チャネルの他の波長チャネル（可変波長選択素子を通過する波長チャネル）への影響を最小にすることができる。

【0016】

一方、リジェクションする信号帯域外、即ち隣接する波長チャネル間の帯域に存在するA S E雑音等は抑圧されずに可変波長選択素子を通過することになる。この可変波長選択素子を通過したA S E雑音などが（ループ損失）<（ループ利得）を満足するWDM光リングネットワーク内を周回すると、周回するごとにA S E雑音が累積していき、光増幅器による増幅作用と相俟って最終的には光パワーの発振を引き起こすことになる。

【0017】

よって、本発明の目的は、光ファイバによって提供される閉ループを含む光ネ

ットワークにおいて、光パワーの発振を防止することができる光ノード装置を提供することである。

【0018】

本発明の他の目的は、そのような光ノード装置を備えたシステムを提供することである。

【0019】

本発明の更に他の目的は以下の説明から明らかになる。

【0020】

【課題を解決するための手段】

本発明の第1の側面によると、光ファイバによって提供される閉ループを含む光ネットワークに適用される光ノード装置が提供される。この光ノード装置は、異なる波長を有する複数の光信号を波長分割多重して得られたWDM信号光を供給され、上記WDM信号光から少なくとも1つの光信号を分離する機能及び上記WDM信号光の少なくとも1つの空き波長チャネルに少なくとも1つの光信号を挿入する機能を有する可変波長選択素子と、上記可変波長選択素子に光学的に接続され、上記少なくとも1つの光信号の信号帯域を除く帯域で雑音を除去する波長選択フィルタとを備えている。

【0021】

この構成によると、信号帯域を除く帯域で雑音を除去する波長選択フィルタを採用しているので、閉ループにおける発振が防止され、本発明の目的の1つが達成される。

【0022】

本発明の第2の側面によると、光ファイバによって提供される閉ループと、上記閉ループに沿って設けられた複数の光ノード装置とを備えたシステムが提供される。上記複数の光ノード装置の少なくとも1つの光ノード装置は、本発明の第1の側面による光ノード装置を含む。

【0023】

本発明の第3の側面によると、光ファイバによって提供される閉ループを含む光ネットワークに適用される光ノード装置が提供される。この光ノード装置は、

異なる波長を有する n (n は $1 < n$ を満たす整数) 個の光信号を波長分割多重して得られた WDM 信号光を供給されて n 個の光信号に分離する光デマルチプレクサと、各々第 1 及び第 2 の入力ポート並びに第 1 及び第 2 の出力ポートを有し、上記各第 1 の入力ポートには上記光デマルチプレクサから出力された各光信号が供給され、上記第 1 及び第 2 の入力ポートと上記第 1 及び第 2 の出力ポートとがそれぞれ接続されるバー状態と上記第 1 及び第 2 の入力ポートと上記第 2 及び第 1 の出力ポートとがそれぞれ接続されるクロス状態とを切換える n 個の 2×2 光スイッチと、上記 2×2 光スイッチの第 1 の出力ポートから出力された複数の光信号を波長分割多重する光マルチプレクサとを備えている。

【0024】

本発明の第 4 の側面によると、光ファイバによって提供される閉ループと、上記閉ループに沿って設けられた複数の光ノード装置とを備えたシステムが提供される。上記複数の光ノード装置の少なくとも 1 つの光ノード装置は、本発明の第 3 の側面による光ノード装置を含む。

【0025】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の望ましい実施の形態を詳細に説明する。

【0026】

図 4 は本発明による光ノード装置の第 1 実施形態を示すブロック図である。この光ノード装置は可変波長選択装置 2 及び波長選択フィルタ 4 を有している。可変波長選択素子 2 は例えば AOTF であり、入力用の 2 つのポート 2A 及び 2B と出力用の 2 つのポート 2C 及び 2D を有している。

【0027】

ポート 2A には異なる波長を有する複数の光信号を波長分割多重して得られた WDM 光が供給される。ポート 2B はアッド (add) ポートとして、ポート 2C はスルー (through) ポートとして、ポート 2D はドロップ (drop) ポートとしてそれぞれ機能する。即ち、可変波長選択素子 2 は、ポート 2A に供給された WDM 信号光から少なくとも 1 つの光信号を分離してポート 2D から出力する機能と、ポート 2B に供給された少なくとも 1 つの光信号を WDM 信号

光の少なくとも1つの空き波長チャネルに挿入してポート2Cから出力する機能とを有している。

【0028】

波長選択フィルタ4はインターリーバ6及び1対1の光カプラ(CPL)8を含む。インターリーバ6は入力ポート6Aと2つの出力ポート6B及び6Cとを有しており、光カプラ8は2つの入力ポート8A及び8Bと出力ポート8Cとを有している。インターリーバ6の入力ポート6Aは可変波長選択素子2のポート2Cに接続され、インターリーバ6の2つの出力ポート6B及び6Cは光カプラ8の2つの入力ポート8A及び8Bにそれぞれ接続されている。

【0029】

この光ノード装置に供給されるWDM信号光を増幅するために、光増幅器10が可変波長選択素子2のポート2Aに接続されており、この光ノード装置から出力されるWDM信号光を増幅するために光増幅器12が光カプラ8の出力ポート8Cに接続されている。

【0030】

可変波長選択素子2のポート2Bには光増幅器14を介して1×N型の光カプラ16が接続される。光カプラ16は光増幅器14を介して可変波長選択素子2のポート2Bに接続される出力ポートと、複数の入力ポートとを有している。光カプラ16の複数の入力ポートの各々には光送信機18が接続される。光送信機18は、可変波長光源としてのチューナブルレーザダイオード(TLD)20と、チューナブルレーザダイオード20から出力されたCW光(連続波光)を変調信号に従って変調する光変調器(Mod)22とを含む。

【0031】

可変波長選択素子2のポート2Dには光増幅器24を介して1×N型の光カプラ26の入力ポートが接続されている。光カプラ26は複数の出力ポートを有しており、各出力ポートには波長可変フィルタ(TF)28を介して光受信機(Rx)30が接続されている。

【0032】

可変波長選択素子2としては音響光学チューナブルフィルタ(AOTF)を用

いることができる。AOTFは、例えば、光導波路及びこの光導波路に関連して伝搬する表面弾性波（SAW）の導波構造を基板上に有している。例えば、光の複屈折性を有する LiNbO_3 基板上にTiを熱拡散することによって、AOTFに適した光導波路を得ることができる。また、その光導波路に関連して表面弾性波を伝搬させるために、インターディジタルトランスデューサ（IDT）が基板上に形成される。IDTにより発生した表面弾性波は、SAWガイドによって予め定められた経路を伝搬し、SAW吸收体によって吸収されて熱に変換される

【0033】

表面弾性波が光導波路に関連して伝搬することによって、表面弾性波のパワー及び周波数並びに光導波路の複屈折に応じて決定される特定波長の光に関して、TEモードからTMモードへのモード変換或いはこれと逆のモード変換が行なわれる。従って、このモード変換された光を偏光ビームスプリッタ等の特定の手段により取出すことによって、例えば、波長分割多重された複数チャネルの光信号を選択光と非選択光とに分けることができる。選択光の波長は表面弾性波の周波数に依存するので、選択光の波長は表面弾性波の周波数によってチューナブルとなる。

【0034】

WDM信号光の波長チャネルは波長軸上で実質的に等間隔に配列される。この場合、インターリーバ6のポート間の波長結合によって波長選択フィルタ4としての機能が得られる。より特定的には、インターリーバ6の入力ポート6A及び出力ポート6B間は波長チャネルの奇数番目の波長を含む透過帯域によって結合され、入力ポート6A及び出力ポート6C間は波長チャネルの偶数番目の波長を含む透過帯域によって結合される。

【0035】

光伝送路からこの光ノード装置へ入力されたWDM信号光は、光増幅器10を経由して可変波長選択素子2へ入力される。入力されたWDM信号光のうちこのノード装置において分岐（選択）される波長の光信号がポート2Dより出力され、このノード装置を通過するWDM信号光においては、分岐される波長の光信号

が抽出（抑圧）されたものとなる。このノード装置で分岐される1波以上の任意波長の光信号は波長分割多重の状態でポート2Dより出力され、光増幅器24を経由して光カプラ26でN分岐される。N分岐されたWDM信号光は波長可変フィルタ28へ入力され、そこで所望波長の光信号が選択されて光受信機30において受信される。

【0036】

このノード装置で挿入される光信号は、光送信機18から光カプラ16及び光増幅器14をこの順に通って可変波長選択素子2へ供給される。供給された光信号はこのノード装置を通過するWDM信号光と合波されて、ポート2Cから出力される。ポート2Cから出力されたWDM信号光は、隣接する波長チャネル間の帯域に存在する雑音（ASE雑音）成分を抑圧するために波長選択フィルタ4へと入力される。そして波長選択フィルタ4により雑音を抑圧されたWDM信号光は、光増幅器12を経由して光伝送路へと出力される。

【0037】

図5の(A)及び(B)を参照すると、図4に示される光ノード装置の各部分におけるスペクトル及びフィルタ透過特性がそれぞれ示されている。ここでは、その光ノード装置に雑音成分（ASE雑音）を含む波長 $\lambda_1 \sim \lambda_4$ の4波長チャネルのWDM信号光が入力され、その光ノード装置において波長 λ_3 の光信号のみが分岐され、残りの波長の光信号がその光ノード装置を通過する場合が示されている。

【0038】

図5の(A)に示されるように、可変波長選択素子2を通過する光信号について着目すると、波長 $\lambda_1 \sim \lambda_4$ の4波長チャネルのWDM信号光が入力され、そのうちこの光ノード装置で分岐される波長 λ_3 の光信号のみが抽出（抑圧）され、残りの3波長の光信号がポート2Cから出力されている。

【0039】

図5の(B)に示されるように、可変波長選択素子2のスルーの透過特性は、波長 λ_3 の帯域のみを抽出（抑圧）し、残りの帯域を透過させる特性となっている。従って、図5の(A)に示されるように、可変波長選択素子2のスルー出力

のスペクトルは信号波長間の帯域に存在するASE雑音を含むことになる。

【0040】

可変波長選択素子2のスルー出力は、インターリーバ6へ入力される。インターリーバ6の特性は、図5の(A)に示されるように、ポート6Bからは奇数チャネルの波長(λ_1)、ポート6Cからは偶数チャネルの波長(λ_2)及び λ_4 がそれぞれ出力される特性である。また、インターリーバ6の透過特性は、図5の(B)に示されるように、各波長チャネルの信号帯域のみを透過させる特性となっているため、波長チャネル間の帯域に存在するASE雑音はここで抑圧される。インターリーバ6のポート6B及び6Cの出力は1対1光カプラ8において合波され、波長チャネル間の帯域に存在したASE雑音が抑圧された状態で波長 λ_1 、 λ_2 及び λ_4 の信号成分を含む信号が光カプラ8から出力される。

【0041】

このように波長チャネル間の帯域に存在した雑音成分が抑圧されているので、WDM光リングネットワークにこの光ノード装置を適用したときにASE雑音等の不要な光が光リングネットワーク内を周回することが防止され、光パワーの発振を抑圧することができる。

【0042】

尚、インターリーバ6に代えてFSR(フリースペクトラルレンジ)が波長間隔である1入力2出力のAWGを用いた場合でも以上説明したのと同じような効果が得られる。

【0043】

図6は本発明による光ノード装置の第2実施形態を示すブロック図である。この実施形態では、波長選択フィルタ4は、入力ポート32A及びN(Nは波長分割多重数)個の出力ポート32B(#1, …, #N)を有する光デマルチプレクサ(DEMUX)32と、N個の入力ポート34A(#1, #N)及び出力ポート34Bを有する光マルチプレクサ(MUX)34とを含む。

【0044】

光デマルチプレクサ32の出力ポート32B(#1, …, #N)はそれぞれ光マルチプレクサ34の入力ポート34A(#1, …, #N)に接続されている。

光デマルチプレクサ32の入力ポート32Aには可変波長選択素子2のポート2CからのWDM信号光が入力され、光マルチプレクサ34の出力ポート34Bから出力されたWDM信号光は光増幅器12に供給される。

【0045】

光デマルチプレクサ32及び光マルチプレクサ34の各々としてはAWGを用いることができ、AWGの中心波長はWDM信号光の中心波長 λ_C に実質的に等しく設定されている。この実施形態によっても、WDM信号光の波長チャネル間の帯域に存在するASE雑音が除去され、光リングネットワークにおける光パワーの発振を抑圧することができる。より特定的にこれを説明する。

【0046】

図7の(A)及び(B)は図6に示される光ノード装置の各部分におけるそれぞれスペクトル及びフィルタ透過特性を示している。ASE雑音等の雑音成分を含む波長 $\lambda_1 \sim \lambda_4$ の4波長多重のWDM信号光が可変波長選択素子2へ入力され、そこで波長 λ_3 の光信号が分岐されるとともに残りの3波長の光信号がポート2Cより出力される。このとき、可変波長選択素子2の透過特性は、図7の(B)に示されるように、波長 λ_3 の光信号の帯域以外は透過する特性であるので、ポート2Cより出力される光信号は雑音成分を含んでいる。

【0047】

この雑音成分を含む3波長多重のWDM信号光は光デマルチプレクサ32へ入力され、そこで3波長の光信号が分波されて、出力ポートから波長 λ_1 、 λ_2 及び λ_4 の光信号がそれぞれ出力される。続いて、分波された光信号はそれぞれ対応する光マルチプレクサ34の入力ポートへ入力され、再び合波されて出力される。このとき、光デマルチプレクサ32及び光マルチプレクサ34の透過特性は、図7の(B)に示されるように、信号帯域のみを透過する特性であるので、光マルチプレクサ34から出力されたWDM信号光は実質的に雑音成分を含まない。従って、波長チャネル間の帯域に存在した雑音成分が光リングネットワークを周回することができなく、光パワーの発振を有効に抑圧することができる。

【0048】

尚、AOTFのドロップポートを用いて光ノード装置を通過する光信号のみを

透過するようにAOTFを動作させた場合であっても、以上説明した実施形態と同様の効果を得ることができる。

【0049】

図7の(A)及び(B)においては、波長分割多重における多重数NがN=4であるとして図示されているが、これは例示的なものであって限定的なものではない。Nは1よりも大きい整数として定義されるものである。

【0050】

図6に示される実施形態においては、光デマルチプレクサ32及び光マルチプレクサ34として実質的に同じ光学特性を有するAWGを用いることができる。しかし、各AWGの信号透過帯域が信号帯域よりも充分に広い場合には、信号成分の他に信号の近傍の帯域に存在する雑音成分をも透過してしまう。これを図8によりより特定的に説明する。

【0051】

図8は光デマルチプレクサ32及び光マルチプレクサ34の波長チャネル当たりの透過帯域が信号帯域よりも広い場合における光ノード装置の各部分のスペクトルを示している。スペクトル-11で示されるように雑音を含む波長 λ_1 ～ λ_4 の4波長多重のWDM信号光が可変波長選択素子2へ入力され、スペクトル-13で示されるように波長 λ_1 、 λ_2 及び λ_4 の光信号がポート2Dからドロップされ、スペクトル-12で示されるように波長 λ_3 の光信号のみが可変波長選択素子2を通過する場合が示されている。

【0052】

このときに、光デマルチプレクサ32及び光マルチプレクサ34の1波長チャネル当たりの透過帯域幅が信号帯域よりも充分広い場合、光マルチプレクサ34から出力されるWDM信号光のスペクトルは、スペクトル-14で示されるように、各光信号の中心波長の近傍に雑音成分が残ったものとなる。この雑音成分がWDM光リングネットワークを周回すると、光パワーの発振が生じる可能性がある。この問題に対処するための実施形態を以下に説明する。

【0053】

図9は本発明による光ノード装置の第3実施形態を示すブロック図である。図

6に示される実施形態においては、光デマルチプレクサ32及び光マルチプレクサ34の各々として使用されるAWGの光学特性が実質的に等しいのに対比してこの実施形態では、光学特性（より特定的には中心波長）が異なる2つのAWGを用いている。

【0054】

図9に示される実施形態では、波長選択フィルタ4は各々AWGによって提供され得る光デマルチプレクサ32'及び光マルチプレクサ34'を含む。WDM信号光の波長チャネルが波長軸上で実質的に等間隔で配列されているのはこれまでの実施形態と同じである。光デマルチプレクサ32'の入力ポート32'A及び第i（iは $1 \leq i \leq N$ を満たす奇数）の出力ポート32'B(#i)間は波長チャネルの奇数番目の波長を含む透過帯域によって結合される。光デマルチプレクサ32'の入力ポート32'A及び第(i+1)の出力ポート32'B(#(i+1))間は波長チャネルの偶数番目の波長を含む透過帯域によって結合される。

【0055】

また、光マルチプレクサ34'の第j（jは $1 \leq j \leq N$ を満たす奇数）の入力ポート34'A(#j)及び出力ポート34'B間は波長チャネルの奇数番目の波長を含む透過帯域によって結合される。光マルチプレクサ34'の第(j+1)の入力ポート34'A(#(j+1))及び出力ポート34'B間は波長チャネルの偶数番目の波長を含む透過帯域によって結合される。

【0056】

ここで、光デマルチプレクサ32'及び光マルチプレクサ34'の各透過帯域がWDM信号光の各波長チャネルの帯域（信号帯域）よりも広い場合に前述した問題が生じる可能性がある。そこで、この実施形態では、光デマルチプレクサ32'の各透過帯域がWDM信号光の各波長チャネルの中心波長よりも短い波長に実質的に一致する中心波長を有し、且つ、光マルチプレクサ34'の各透過帯域がWDM信号光の各波長チャネルの中心波長よりも長い波長に実質的に一致する中心波長を有するようにしている。これを図10により例示的に説明する。

【0057】

図10は波長チャネル当たりの透過帯域が信号帯域よりも広い特性を有するAWGを用いて雑音成分を除去する場合の各部分のスペクトルを示す図である。ここでは、光デマルチプレクサ32'の中心波長は($\lambda_c - \Delta\lambda$)であり、光マルチプレクサ34'の中心波長は($\lambda_c + \Delta\lambda$)であると仮定する。ここで λ_c はWDM信号光の中心波長を示しており、図示されるように4波長多重の場合には、 $\lambda_c = (\lambda_2 + \lambda_3) / 2$ である。

【0058】

可変波長選択素子2における入力のスペクトル-21及びスルーのスペクトル-22は図8に示されるスペクトル-11及びスペクトル-12にそれぞれ一致している。スペクトル-22を有する光が光デマルチプレクサ32'に入力すると、光デマルチプレクサ32'のスペクトル-24で示されるように、各光信号の中心波長に対して短波長側に雑音成分が残り、長波長側の雑音成分は除去されたものとなる。次に、スペクトル-24を有する光が光マルチプレクサ34'へ入力されると、光マルチプレクサ34'の中心波長はWDM信号光の中心波長に対して長波長側にずれているために、前述の短波長側に残った雑音成分も除去され、各光信号の波長の近傍に存在した雑音成分は抑圧されることとなる。

【0059】

従って、波長チャネル当たりの透過帯域が信号帯域よりも広い特性を有するAWGを光デマルチプレクサ32'及び光マルチプレクサ34'の各々として用いる場合であっても、これらのAWGの中心波長を若干ずらしておくことによって、図8に示されるスペクトル-14のような光信号の中心波長の近傍に存在した雑音成分をも抑圧することができ、WDM光リングネットワークにおける光パワーの発振を有効に防止することができる。

【0060】

図11を参照すると、本発明によるシステムの第1実施形態が示されている。光ファイバによって提供される閉ループに沿って複数の(図では4つの)ノードA～Dが設けられており、これらのうちの少なくとも1つとして本発明による光ノード装置が用いられている。この実施形態ではノードDが本発明による光ノード装置である。このシステムは具体的にはWDM光リングネットワークであり、

図示しない少なくとも1つの光増幅器が閉ループに沿って設けられている。

【0061】

この実施形態では、ノードAより波長 λ_1 ～ λ_4 の4波長チャネルのWDM信号光が入力され、ノードBにおいて波長 λ_3 が、ノードCにおいて波長 λ_1 が、ノードDにおいて波長 λ_2 及び λ_4 がそれぞれドロップされるようになっている。

【0062】

ノードAよりアッドされたWDM信号光（スペクトル-31）は、リングネットワークを時計回りに伝搬していく。そのとき、ネットワーク中に配置された光増幅器で発生するASE雑音が信号成分に付加されていき（スペクトル-32参照）、OSNR（光信号対雑音比）特性が劣化することになる。

【0063】

ノードBにおいては、波長 λ_3 の光信号が分岐され（スペクトル-33参照）、残りの波長の光信号は次のノードであるノードCへ向けてノードBを通りぬける。このノードBを通り抜ける光は、ノードBへ入力されたWDM信号光より波長 λ_3 の信号帯域を可変波長選択素子2によって抽出したものとなる。可変波長選択素子2は例えば図3に示される透過特性を有しているので、ノードBにおいては波長 λ_3 の信号帯域のみ抑圧され、残りの帯域はノードBを通過することになり、そのスペクトルはスペクトル-34で示されるようになる。

【0064】

ここで注目すべきことは、波長チャネル間の帯域に存在するASE雑音成分もノードBを通過してしまうことである。ノードCでは、ノードBにおけるのと同様に波長 λ_1 の光信号が分岐され、（スペクトル-35参照）、ノードCを通り抜ける光からは波長 λ_1 の信号帯域が可変波長選択素子によって抽出されることになる（スペクトル-36参照）。

【0065】

続いて、ノードDにおいては、ノードCを通過して伝送されてきた波長 λ_2 及び λ_4 の光信号が分岐される（スペクトル-37参照）。ノードDには本発明が適用されているので、信号波長成分以外の帯域に存在する光パワーは抑圧される。

【0066】

その結果、ノードDを通過する光においては、スペクトラー38で示されるように無信号となる。従って、ASE雑音がWDM光リングネットワークを周回することができなく、光パワーの発振を有效地に抑圧することができる。

【0067】

図11の実施形態では、閉ループに沿って設けられた複数のノードのうち1つのノード（ノードD）のみに本発明を適用しているが、1つよりも多くのノードとして本発明による光ノード装置を用いても良い。

【0068】

図12を参照すると図11に示される実施形態と対比するための従来技術が示されている。ここでは、図11に示される本発明が適用されるノードDに換えて従来技術によるノードD'が用いられている。この場合、ノードD'及びノードA間を伝搬する光のスペクトルはスペクトラー38'で示されるように、隣接する波長チャネル間の帯域にASE雑音が残っている。従って、この場合、この雑音成分がWDM光リングネットワークを周回して、光パワーの発振が生じる可能性がある。

【0069】

図13は本発明による光ノード装置の第3実施形態を示す図である。ここでは、図6に示される光増幅器10及び12と、光送信機18（チューナブルレーザダイオード20及び光変調器22）と、光受信機30と、光デマルチプレクサ32と、光マルチプレクサ34とが用いられている。また、アッド、ドロップ及びスルーを切換えるために、N個の2×2光スイッチ36が設けられている。

【0070】

各2×2光スイッチ36は、入力のためのポート36A及び36B並びに出力のためのポート36C及び36Dを有している。2×2光スイッチ36は、入力ポート36A及び36Bがそれぞれ出力ポート36C及び36Dに接続されるバー状態と、入力ポート36A及び36Bがそれぞれ出力ポート36D及び36Cに接続されるクロス状態とを切換える。

【0071】

光デマルチプレクサ32は、異なる波長を有するN個の光信号を波長分割多重して得られたWDM信号光を供給されて、N個の光信号に分離する。光デマルチプレクサ32から出力された各光信号は各2×2光スイッチ36の入力ポート36Aに供給される。2×2光スイッチの出力ポート36Cから出力された複数の光信号は光マルチプレクサ34によって波長分割多重される。

【0072】

2×2光スイッチの入力ポート36Bは光スイッチ(OSW)38の出力ポートに接続される。光スイッチ38の入力ポートには複数の光送信機18が接続される。光スイッチ38としてはN×N光スイッチを用いることができる。光スイッチ38は、WDM信号光の空きチャネルに挿入されるべき光信号を出力する複数の光送信機18と、2×2光スイッチ36の入力ポート36Bとの接続を切換える。

【0073】

2×2光スイッチ36の出力ポート36Dは光スイッチ40の入力ポートに接続される。光スイッチ40の出力ポートは光受信機30に接続される。光スイッチ40としては一般的にはN×N光スイッチを用いることができる。光スイッチ40は、WDM信号光から分離された光信号を受けるべき複数の光受信機30と、2×2光スイッチ36の出力ポート36Dとの接続を切換える。

【0074】

この実施形態によっても、図6に示される波長選択フィルタ4の動作原理に従って理解される同様の動作原理により、ASE雑音がWDM光リングネットワークを周回する事なく、光パワーの発振を有効に抑圧することができる。

【0075】

図14を参照すると、図13に示される光デマルチプレクサ32及び光マルチプレクサ34の透過帯域が信号帯域よりも広い場合の各部分のスペクトルが示されている。ここでは、ASE雑音成分を含むWDM信号光を(スペクトル-41)が光デマルチプレクサ32に入力されている。光デマルチプレクサ32に入力される光は、スペクトル-41に示されるように、信号波長 λ_3 の他にASE雑音を含んでいる。光デマルチプレクサ32及び光マルチプレクサ34の波長チャ

ネル当たりの透過帯域幅 Δw は信号帯域よりも広いので、光マルチプレクサ34から出力される光は、スペクトル-42に示すように、信号波長の近傍に存在するASE雑音成分を含むことになる。この雑音成分がWDM光リングネットワークを周回すると、光パワーの発振が生じる怖れがある。この問題をシステム全体で解決するための実施形態を次に説明する。

【0076】

図15は本発明によるシステムの第2実施形態を示すブロック図である。例えば従来技術が適用されるノードA及びノードBと本発明が適用されるノードC及びノードDが光ファイバによって提供される閉ループに沿って設けられており、これによりWDM光リングネットワークが構成されている。

【0077】

ここでは、ノードD及びノードCの各々としては、例えば図13に示される光ノード装置を用いることができる。各ノードに用いられている光デマルチプレクサ32及び光マルチプレクサ34の透過帯域幅 Δw は信号帯域よりも広いものとする。また、ノードCにおける光デマルチプレクサ32及び光マルチプレクサ34の中心波長は $(\lambda_C - \Delta \lambda)$ であり、ノードDにおける光デマルチプレクサ32及び光マルチプレクサ34の中心波長は $\lambda_C + \Delta \lambda$ に設定されている。

【0078】

ノードAからアッドされた4波多重のWDM信号光（スペクトル-41参照）は、この光リングネットワークを時計回りに伝搬する。ノードBにおいては、波長 λ_1 、 λ_2 及び λ_4 の光信号が分岐され（スペクトル-43参照）、残りの波長 λ_3 についてはノードCを経由してノードDへ向かう。

【0079】

ノードCを通過する光のスペクトルはスペクトル-45で示されるように、各信号波長の中心波長から端波長側の近傍に存在するASE雑音を含んだものになる。続いて、ノードDでは波長 λ_3 の光信号が分岐される（スペクトル-46参照）。

【0080】

従って、ノードDを通過する光は、スペクトル-45で残っていた各信号波長

の短波長側の近傍に存在していたASE雑音も抑圧されて、スペクトル-47に示されるようになる。このように、本実施形態によると、光デマルチプレクサ及び光マルチプレクサの中心波長が異なる2種類の光ノード装置を組み合せて、図16に示されるように各波長の透過帯域が信号帯域と同程度になるようにして、波長チャネル間の帯域に存在するASE雑音成分を有効に抑圧することができるるので、光パワーの発振を防止することができる。

【0081】

図17は本発明による光ノード装置の実施形態を示すブロック図である。図14に示される実施形態において、光デマルチプレクサ32及び光マルチプレクサ34の各々の中心波長が λ_C であるのと対比して、この実施形態では、光デマルチプレクサ32の中心波長を $(\lambda_C - \Delta\lambda)$ とし、光マルチプレクサ34の中心波長を $(\lambda_C + \Delta\lambda)$ に設定している。この設定によってもこれまでに説明した実施例と同じようにして、光デマルチプレクサ32及び光マルチプレクサ34の各波長チャネルの信号透過帯域が信号帯域よりも広い場合であっても、波長チャネル間の帯域に存在するASE雑音を抑圧して光パワーの発振を有効に抑圧することができる。

【0082】

図18乃至図20により、本発明の有用性を実証するための実験を説明する。図18において、OADMは光アッドドロップマルチプレクサ、SMFはシングルモードファイバ、AMPは光増幅器、AOTFは音響光学チューナブルフィルタ、VATは可変アッテネータ、CPLはカプラ、LN mod. はリチウムナイオベート変調器、AWGはアレイ導波路、LDはレーザダイオード、interleaveは発振防止用フィルタとしてのインターリーバをそれぞれ示している。

【0083】

この実験系では、OADM-1及び2とVAT-4とインターリーバとをSMFによって提供される閉ループに沿って設けて構成されている。VAT-4は伝送路の損失源として用いられている。OADM-1において、波長 $\lambda_2 \sim \lambda_6$ の光源(LD2～LD6)より出力された光はAWGにより合波され、その合波され

た光は偏光無依存型の変調器であるLN-mod.によって10Gb/sの変調をかけられた後、伝送路へアッドされる。アッドされたWDM信号光は、パワーの発振防止用フィルタ及びOADM-2を通過してこの閉ループを一周した後、OADM-1のAOTF-1においてドロップされて除去される。

【0084】

また、OADM-2においては、波長 λ_1 の信号が可変フィルタ(TF)を介して伝送路へアッドされた後、OADM-1及びインターリーバを通過してこの閉ループを一周し、その信号はOADM-2のAOTF-2においてドロップされて除去される。

【0085】

図19を参照すると、信号波長配置とAOTF-1及び2並びにインターリーバの透過特性とを示している。信号波長配置は、波長 λ_2 から λ_6 に関しては100GHz間隔のITUグリッドの偶数チャネルに対応しており、波長 λ_1 に関しては波長 λ_4 及び λ_5 の間の奇数チャネルに対応している。

【0086】

AOTF-1は200GHz間隔で偶数チャネルをリジェクションし、AOTF-2は200GHz間隔で奇数チャネルをリジェクションする。インターリーバとしては50/100GHz用のものを用いることができ、この場合、インターリーバのある1つのポートからは100GHz間隔で信号が出力される特性となる。従ってこの場合には、そのポートの出力が信号波長間に一致しているので、インターリーバの出力側に設けるべき光カプラが不要になる。インターリーバとして100/200GHz用のものを用いた場合には、本発明に従って光カプラが設けられる。

【0087】

このように、本実験系では、AOTF-1及び2では抑圧されない信号帯域以外に存在する雑音成分(ASE成分)を閉ループの1ヶ所に配置されたインターリーバによって除去することができるので、パワーの発振を抑圧することができる。

【0088】

図20を参照すると、4つの条件の下で図18に示されるモニタポイントにおいて観測されたスペクトルが示されている。4つの条件は、発振防止用フィルタ（インターリーバ）の有無と2種類のループ利得（ゼロdB及び+10dB）との組み合わせである。ループ利得とループ損失が等しくてループ利得がゼロdBである場合には、発振防止用フィルタの有無に係わらず光パワーの発振が生じていないことが分かる。これに対して、ループ利得がループ損失よりも大きく（+10dB）、且つ発振防止用フィルタがない場合には、波長 λ_6 の長波長側に存在したASEによって光パワーの発振が生じていることが分かる。一方、ループ利得がループ損失よりも大きく（+10dB）の条件であっても発振防止用フィルタを用いる場合には、信号帯域以外に存在するASE成分が抑圧され、光パワーの発振が防止されていることが分かり、本発明の有効性が確認された。

【0089】

本発明は以下の付記を含むものである。

【0090】

（付記1）光ファイバによって提供される閉ループを含む光ネットワークに適用される光ノード装置であって、

異なる波長を有する複数の光信号を波長分割多重して得られたWDM信号光を供給され、上記WDM信号光から少なくとも1つの光信号を分離する機能及び上記WDM信号光の少なくとも1つの空き波長チャネルに少なくとも1つの光信号を挿入する機能を有する可変波長選択素子と、

上記可変波長選択素子に光学的に接続され、上記少なくとも1つの光信号の信号帯域を除く帯域で雑音を除去する波長選択フィルタとを備えた光ノード装置。

【0091】

（付記2）付記1に記載の光ノード装置であって、

上記波長選択素子は、入力ポート並びに第1及び第2の出力ポートを有するインターリーバと、上記インターリーバの第1及び第2の出力ポートにそれぞれ光学的に接続された第1及び第2の入力ポート並びに出力ポートを有する光カプラとを備えており、

上記インターリーバ及び上記光カプラは上記閉ループに沿って設けられている

光ノード装置。

【0092】

(付記3) 付記2に記載の光ノード装置であって、

上記WDM信号光の波長チャネルは波長軸上で実質的に等間隔で配列され、

上記インターリーバの入力ポート及び第1の出力ポート間は上記波長チャネルの奇数番目の波長を含む透過帯域によって結合され、

上記インターリーバの入力ポート及び第2の出力ポート間は上記波長チャネルの偶数番目の波長を含む透過帯域によって結合される光ノード装置。

【0093】

(付記4) 付記1に記載の光ノード装置であって、

上記波長選択素子は、入力ポート並びに第1乃至第n (nは1<nを満たす整数)の出力ポートを有する光デマルチプレクサと、上記光デマルチプレクサの第1乃至第nの出力ポートにそれぞれ光学的に接続された第1乃至第nの入力ポート並びに出力ポートを有する光マルチプレクサとを備えており、

上記光デマルチプレクサ及び上記光マルチプレクサは上記閉ループに沿って設けられている光ノード装置。

【0094】

(付記5) 付記4に記載の光ノード装置であって、

上記WDM信号光の波長チャネルは波長軸上で実質的に等間隔で配列され、

上記光デマルチプレクサの入力ポート及び第i (iは1≤i≤nを満たす奇数)の出力ポート間は上記波長チャネルの奇数番目の波長を含む透過帯域によって結合され、

上記光デマルチプレクサの入力ポート及び第(i+1)の出力ポート間は上記波長チャネルの偶数番目の波長を含む透過帯域によって結合され、

上記光マルチプレクサの第j (jは1≤j≤nを満たす奇数)の入力ポート及び出力ポート間は上記波長チャネルの奇数番目の波長を含む透過帯域によって結合され、

上記光マルチプレクサの第(j+1)の入力ポート及び出力ポート間は上記波長チャネルの偶数番目の波長を含む透過帯域によって結合される光ノード装置。

【0095】

(付記6) 付記5に記載の光ノード装置であって、
上記光デマルチプレクサ及び上記光マルチプレクサの各透過帯域は上記WDM信号光の各波長チャネルの中心波長に実質的に一致する中心波長を有している光ノード装置。

【0096】

(付記7) 付記5に記載の光ノード装置であって、
上記光デマルチプレクサ及び上記光マルチプレクサの各透過帯域は上記WDM信号光の各波長チャネルの帯域よりも広い光ノード装置。

【0097】

(付記8) 付記7に記載の光ノード装置であって、
上記光デマルチプレクサの各透過帯域は上記WDM信号光の各波長チャネルの中心波長よりも短い第1の波長に実質的に一致する中心波長を有しており、
上記光マルチプレクサの各透過帯域は上記WDM信号光の各波長チャネルの中心波長よりも長い第2の波長に実質的に一致する中心波長を有している光ノード装置。

【0098】

(付記9) 付記4に記載の光ノード装置であって、
上記光デマルチプレクサ及び上記光マルチプレクサの各々はアレイ導波路素子である光ノード装置。

【0099】

(付記10) 付記1に記載の光ノード装置であって、

上記可変波長選択素子は音響光学チューナブルフィルタである光ノード装置。

【0100】

(付記11) 付記1に記載の光ノード装置であって、
上記可変波長選択素子は、上記WDM信号光を供給される第1の入力ポートと、上記WDM信号光に挿入されるべき光信号が供給される第2の入力ポートと、上記WDM信号光のうち上記可変波長選択素子を通過すべき光信号が出力される第1の出力ポートと、上記WDM信号光から分離されるべき光信号が出力される

第2の出力ポートとを有している光ノード装置。

【0101】

(付記12) 付記10に記載の光ノード装置であって、
複数の入力ポートと上記可変波長選択素子の第1の入力ポートに接続された出
力ポートとを有する第1の光カプラと、
上記第1の光カプラの複数の入力ポートの各々に接続された光変調器と、
上記光変調器に接続された可変波長光源とを更に備えた光ノード装置。

【0102】

(付記13) 付記10に記載の光ノード装置であって、
上記可変波長選択素子の第2の出力ポートに接続された入力ポートと複数の出
力ポートとを有する第2の光カプラと、
上記第2の光カプラの複数の出力ポートの各々に接続された波長可変フィルタ
と、
上記波長可変フィルタに接続された光受信機とを更に備えた光ノード装置。

【0103】

(付記14) 付記1に記載の光ノード装置であって、
上記可変波長選択素子に接続された光増幅器を更に備えた光ノード装置。

【0104】

(付記15) 光ファイバによって提供される閉ループと、
上記閉ループに沿って設けられた複数の光ノード装置とを備え、
上記複数の光ノード装置の少なくとも1つの光ノード装置は、
異なる波長を有する複数の光信号を波長分割多重して得られたWDM信号光を
供給され、上記WDM信号光から少なくとも1つの光信号を分離する機能及び上
記WDMの少なくとも1つの空き波長チャネルに少なくとも1つの光信号を挿入
する機能を有する可変波長選択素子と、
上記可変波長選択素子に光学的に接続され、上記少なくとも1つの光信号の信
号帯域を除く帯域で雑音を除去する波長選択フィルタとを備えているシステム。

【0105】

(付記16) 付記15に記載のシステムであって、

上記閉ループに沿って設けられた少なくとも1つの光増幅器を更に備えたシステム。

【0106】

(付記17) 付記15に記載のシステムであって、

上記可変波長選択素子は、上記WDM信号光を供給される第1の入力ポートと、上記WDM信号光に挿入されるべき光信号が供給される第2の入力ポートと、上記WDM信号光のうち上記可変波長選択素子を通過すべき光信号が出力される第1の出力ポートと、上記WDM信号光から分離されるべき光信号が出力される第2の出力ポートとを有しているシステム。

【0107】

(付記18) 付記17に記載のシステムであって、

上記少なくとも1つの光ノード装置は、

複数の入力ポートと上記可変波長選択素子の第1の入力ポートに接続された複数の出力ポートとを有する第1の光カプラと、

上記第1の光カプラの複数の入力ポートの各々に接続された光変調器と、

上記光変調器に接続された可変波長光源とを更に備えているシステム。

【0108】

(付記19) 付記17に記載のシステムであって、

上記少なくとも1つの光ノード装置は、

上記可変波長選択素子の第2の出力ポートに接続された入力ポートと複数の出力ポートとを有する第2の光カプラと、

上記第2の光カプラの複数の出力ポートの各々に接続された波長可変フィルタと、

上記波長可変フィルタに接続された光受信機とを更に備えているシステム。

【0109】

(付記20) 光ファイバによって提供される閉ループを含む光ネットワークに適用される光ノード装置であって、

異なる波長を有するn (nは1<nを満たす整数) 個の光信号を波長分割多重して得られたWDM信号光を供給されてn個の光信号に分離する光デマルチプレ

クサと、

各々第1及び第2の入力ポート並びに第1及び第2の出力ポートを有し、上記各第1の入力ポートには上記光デマルチプレクサから出力された各光信号が供給され、上記第1及び第2の入力ポートと上記第1及び第2の出力ポートとがそれぞれ接続されるバー状態と上記第1及び第2の入力ポートと上記第2及び第1の出力ポートとがそれぞれ接続されるクロス状態とを切換えるn個の2×2光スイッチと、

上記2×2光スイッチの第1の出力ポートから出力された複数の光信号を波長分割多重する光マルチプレクサとを備えた光ノード装置。

【0110】

(付記21) 付記20に記載の光ノード装置であって、

上記WDM信号光の波長チャネルは波長軸上で実質的に等間隔で配列され、

上記光デマルチプレクサの入力ポート及び第i (iは1≤i≤nを満たす奇数)の出力ポート間は上記波長チャネルの奇数番目の波長を含む透過帯域によって結合され、

上記光デマルチプレクサの入力ポート及び第(i+1)の出力ポート間は上記波長チャネルの偶数番目の波長を含む透過帯域によって結合され、

上記光マルチプレクサの第j (jは1≤j≤nを満たす奇数)の入力ポート及び出力ポート間は上記波長チャネルの奇数番目の波長を含む透過帯域によって結合され、

上記光マルチプレクサの第(j+1)の入力ポート及び出力ポート間は上記波長チャネルの偶数番目の波長を含む透過帯域によって結合される光ノード装置。

【0111】

(付記22) 付記21に記載の光ノード装置であって、

上記光デマルチプレクサ及び上記光マルチプレクサの各透過帯域は上記WDM信号光の各波長チャネルの中心波長に実質的に一致する中心波長を有している光ノード装置。

【0112】

(付記23) 付記21に記載の光ノード装置であって、

上記光デマルチプレクサ及び上記光マルチプレクサの各透過帯域は上記WDM信号光の各波長チャネルの帯域よりも広い光ノード装置。

【0113】

(付記24) 付記23に記載の光ノード装置であって、

上記光デマルチプレクサの各透過帯域は上記WDM信号光の各波長チャネルの中心波長よりも短い第1の波長に実質的に一致する中心波長を有しており、

上記光マルチプレクサの各透過帯域は上記WDM信号光の各波長チャネルの中心波長よりも長い第2の波長に実質的に一致する中心波長を有している光ノード装置。

【0114】

(付記25) 付記20に記載の光ノード装置であって、

上記WDM信号光の空きチャネルに挿入されるべき光信号を出力する複数の光送信機と、上記複数の光送信機と上記2×2光スイッチの第2の入力ポートとの接続を切換える光スイッチとを更に備えた光ノード装置。

【0115】

(付記26) 付記20に記載の光ノード装置であって、

上記WDM信号光から分離された光信号を受けるべき複数の光受信機と、上記複数の光受信機と上記2×2光スイッチの第2の出力ポートとの接続を切換える光スイッチとを更に備えた光ノード装置。

【0116】

(付記27) 光ファイバによって提供される閉ループと、

上記閉ループに沿って設けられた複数の光ノード装置とを備え、

上記複数の光ノード装置の少なくとも1つの光ノード装置は、異なる波長を有するn (nは1<nを満たす整数) 個の光信号を波長分割多重して得られたWDM信号光を供給されてn個の光信号に分離する光デマルチプレクサと、

各々第1及び第2の入力ポート並びに第1及び第2の出力ポートを有し、上記各第1の入力ポートには上記光デマルチプレクサから出力された各光信号が供給され、上記第1及び第2の入力ポートと上記第1及び第2の出力ポートとがそれ

ぞれ接続されるバー状態と上記第1及び第2の入力ポートと上記第2及び第1の出力ポートとがそれぞれ接続されるクロス状態とを切換えるn個の2×2光スイッチと、

上記2×2光スイッチの第2の出力ポートから出力された複数の光信号を波長分割多重する光マルチプレクサとを備えているシステム。

【0117】

(付記28) 付記27に記載のシステムであって、

上記閉ループに沿って設けられた少なくとも1つの光増幅器を更に備えたシステム。

【0118】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によると、光パワーの発振による伝送特性の劣化を有効に防止し得る光ノード装置及びシステムの提供が可能になるという効果が生じる。その結果、信頼性に優れ、且つ小スペースで低コストな光ノード装置及びシステムの提供が可能になる。本発明の特定の実施形態により得られる効果は以上説明したとおりであるので、その説明を省略する。

【図面の簡単な説明】

【図1】

図1は従来技術による光ノード装置のブロック図である。

【図2】

図2は光リングネットワークにおける光パワーの発振を説明するための図である。

【図3】

図3は可変波長選択素子の透過特性の一例を示す図である。

【図4】

図4は本発明による光ノード装置の第1実施形態を示すブロック図である。

【図5】

図5の(A)は図4の各点でのスペクトルを示す図、図5の(B)は図4に示される各部の透過特性を示す図である。

【図6】

図6は本発明による光ノード装置の第2実施形態を示すブロック図である。

【図7】

図7の(A)は図6の各点におけるスペクトルを示す図、図7の(B)は図6に示される各部の透過特性を示す図である。

【図8】

図8は波長チャネル当たりの透過帯域が信号帯域よりも広い場合におけるスペクトルを示す図である。

【図9】

図9は本発明による光ノード装置の第3実施形態を示すブロック図である。

【図10】

図10は波長チャネル当たりの透過帯域が信号帯域よりも広い光デマルチプレクサ及び光マルチプレクサを用いた場合におけるスペクトルを示す図である。

【図11】

図11は本発明によるシステムの第1実施形態を示すブロック図である。

【図12】

図12は従来技術によるシステムを示すブロック図である。

【図13】

図13は本発明による光ノード装置の第4実施形態を示すブロック図である。

【図14】

図14は図13に示される実施形態において波長チャネル当たりの透過帯域が信号帯域よりも広い場合のスペクトルを示す図である。

【図15】

図15は本発明によるシステムの第3実施形態を示すブロック図である。

【図16】

図16は波長チャネル当たりの透過帯域が信号帯域よりも広い特性を有する光ノード装置を2台用いた場合を説明するための図である。

【図17】

図17は本発明による光ノード装置の第5実施形態を示すブロック図である。

【図18】

図18は本発明の優位性を実証するための実験系を示すブロック図である。

【図19】

図19は図18に示される実験系における信号波長及び各部分の透過特性を示す図である。

【図20】

図20は図18に示される実験系における実験結果を示す図である。

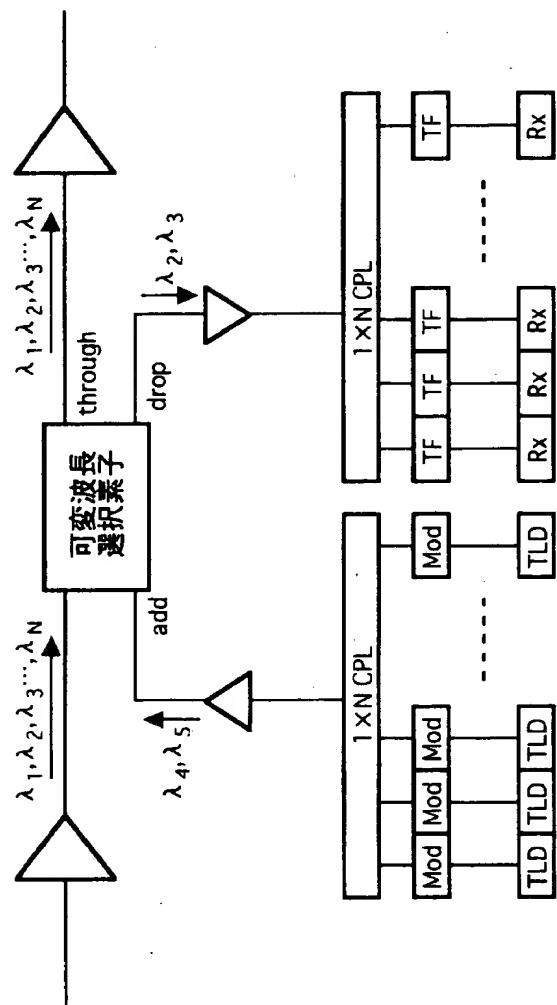
【符号の説明】

- 2 可変波長選択素子
- 4 波長選択フィルタ
- 6 インターリーバ
- 8 1:1光カプラ
- 18 光送信機
- 30 光受信機
- 32 光デマルチプレクサ
- 34 光マルチプレクサ

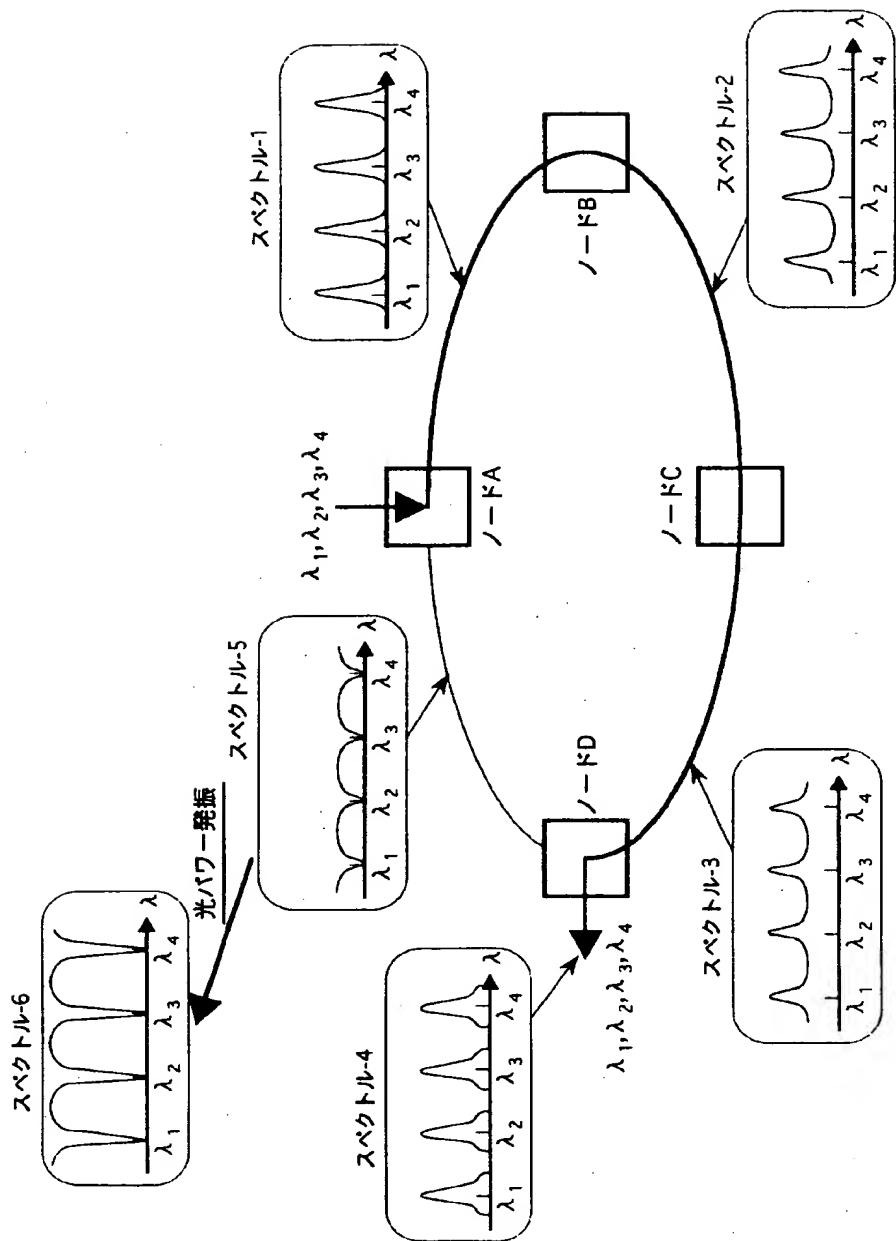
【書類名】

図面

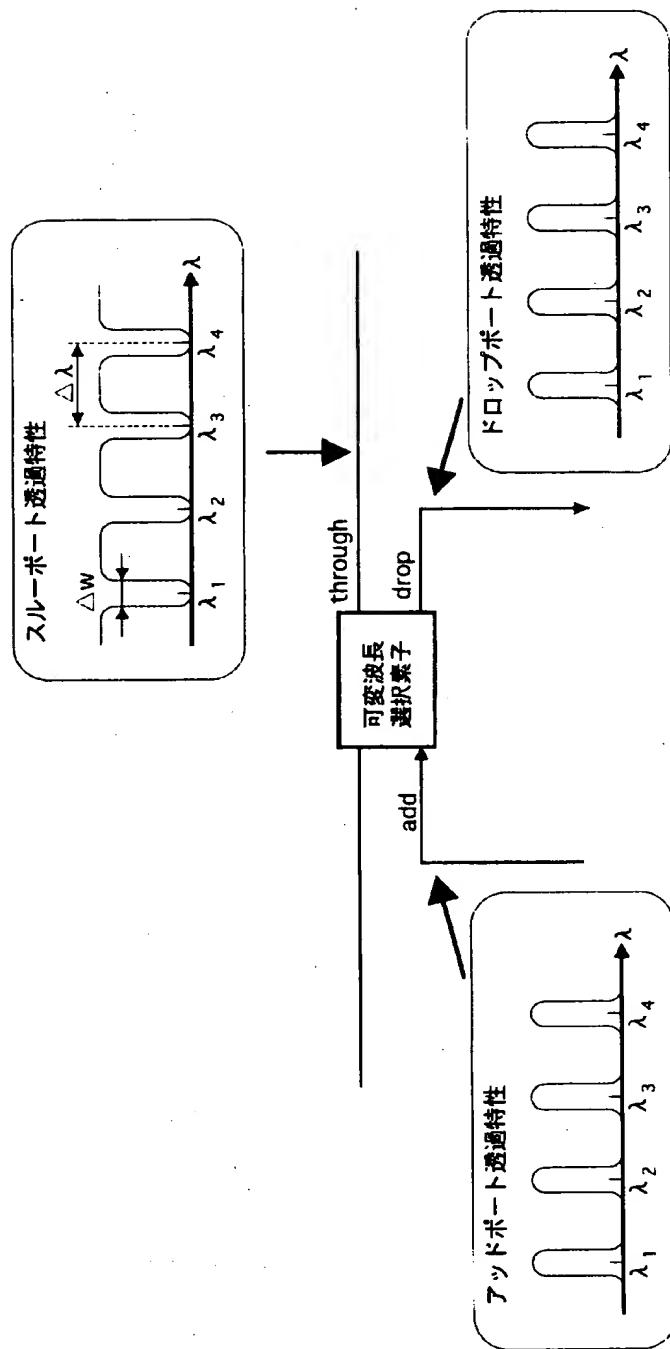
【図1】



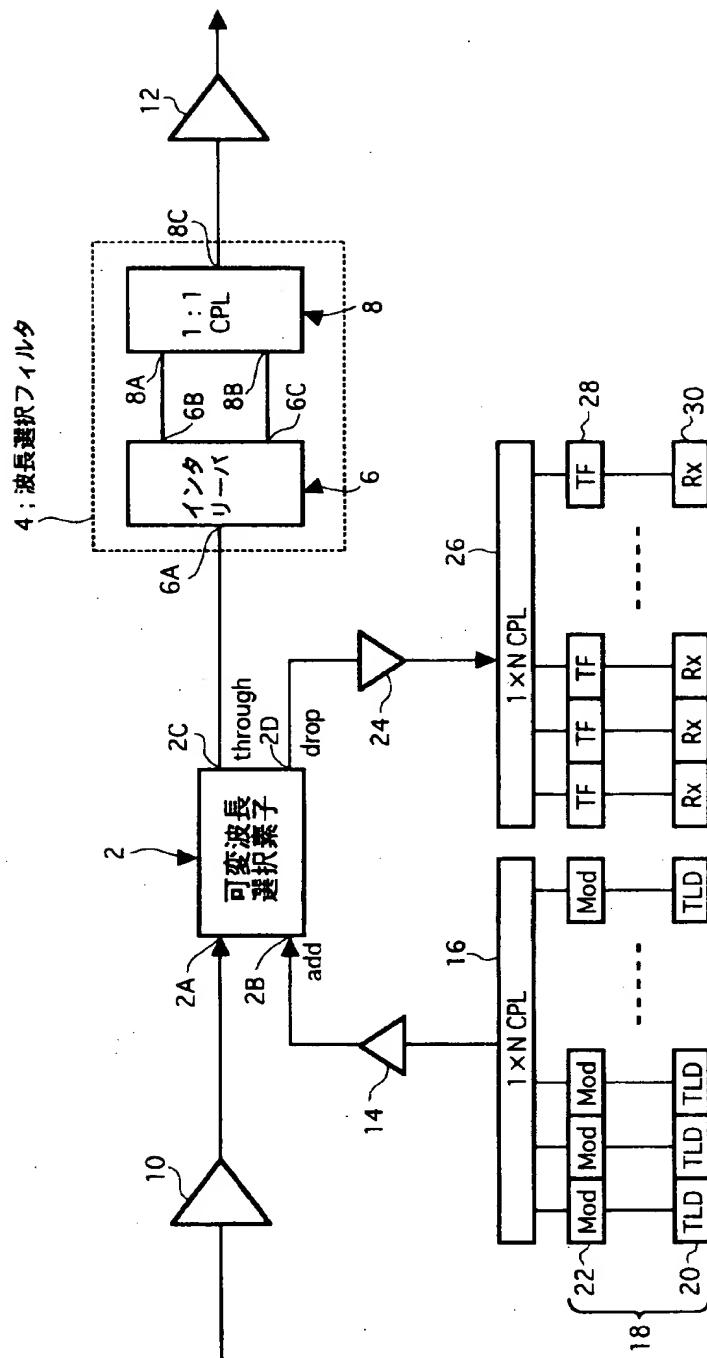
【図2】



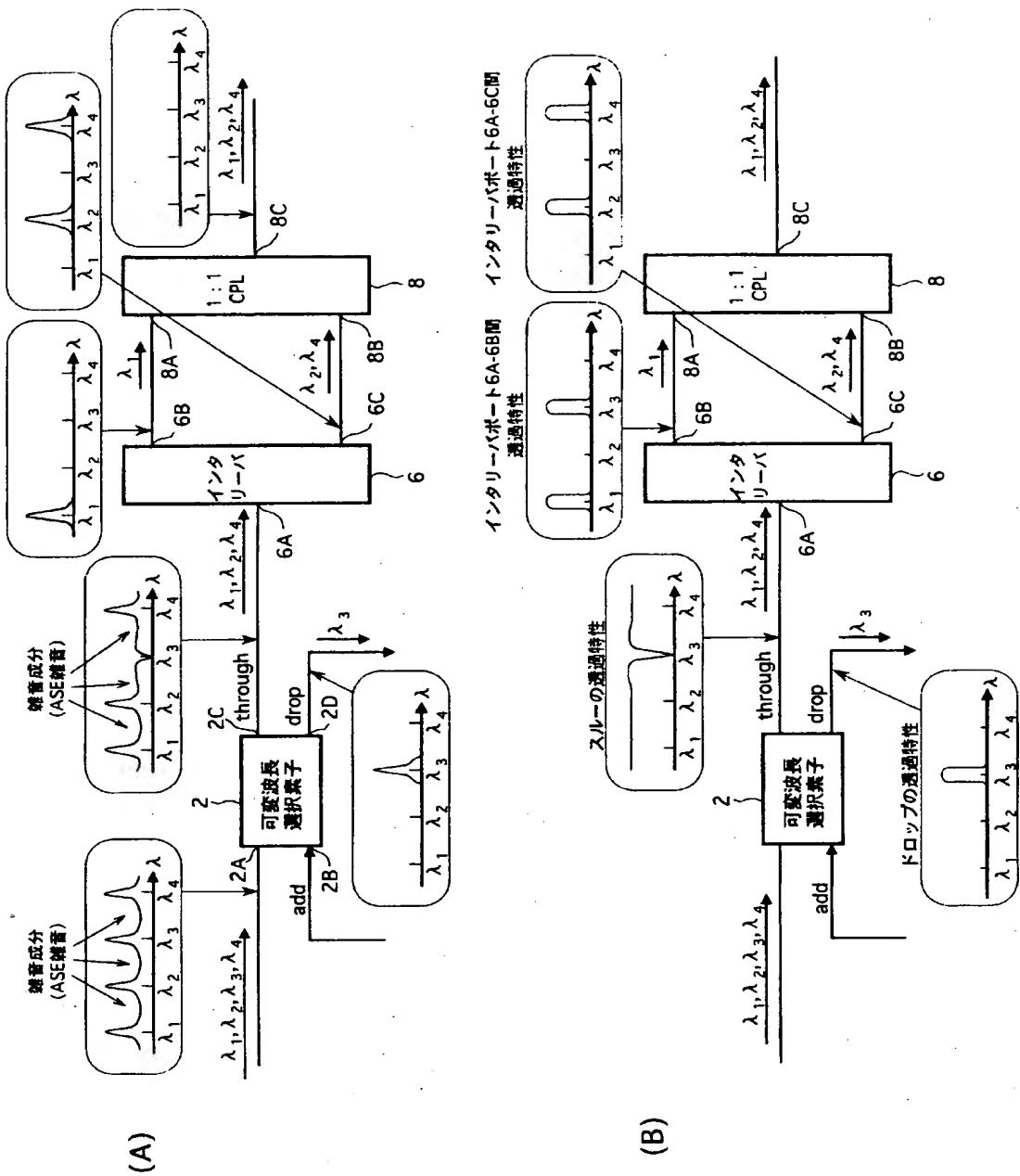
【図3】



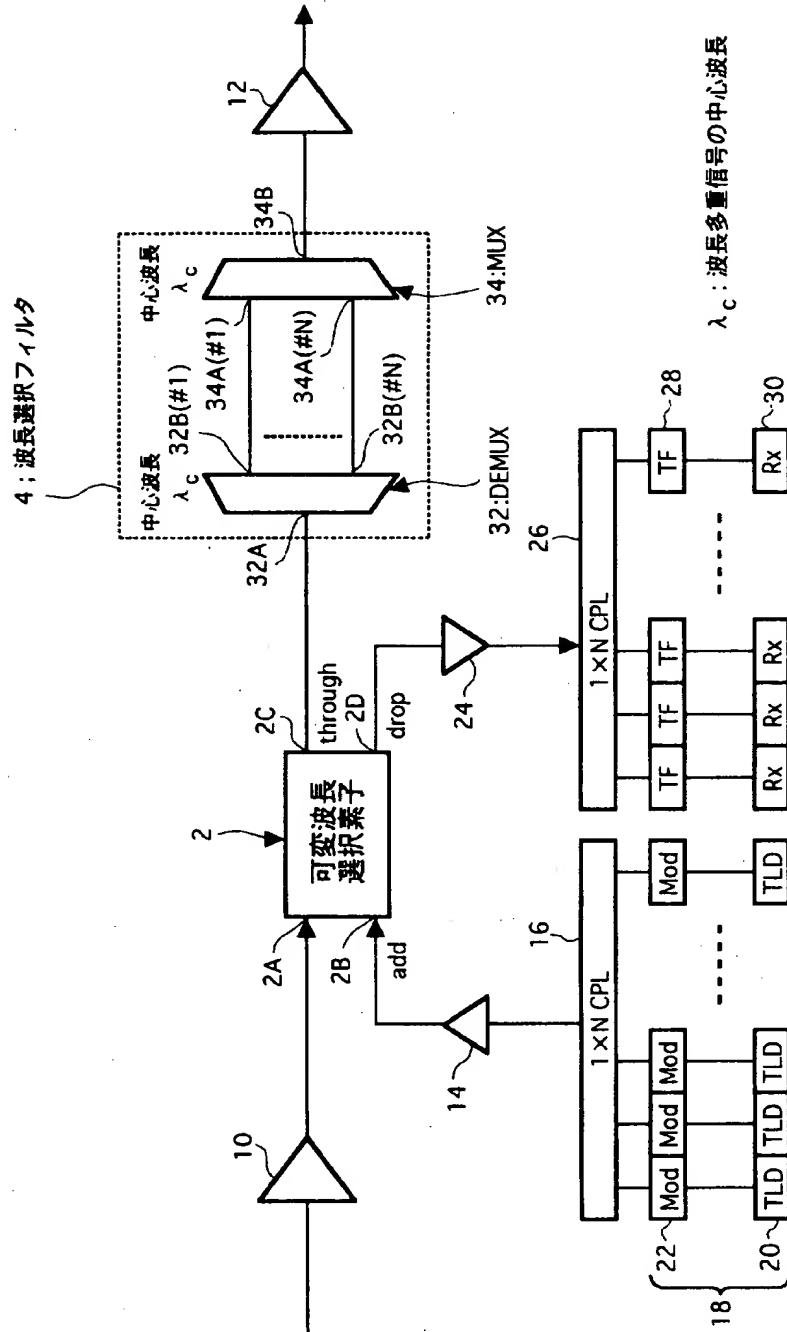
【図4】



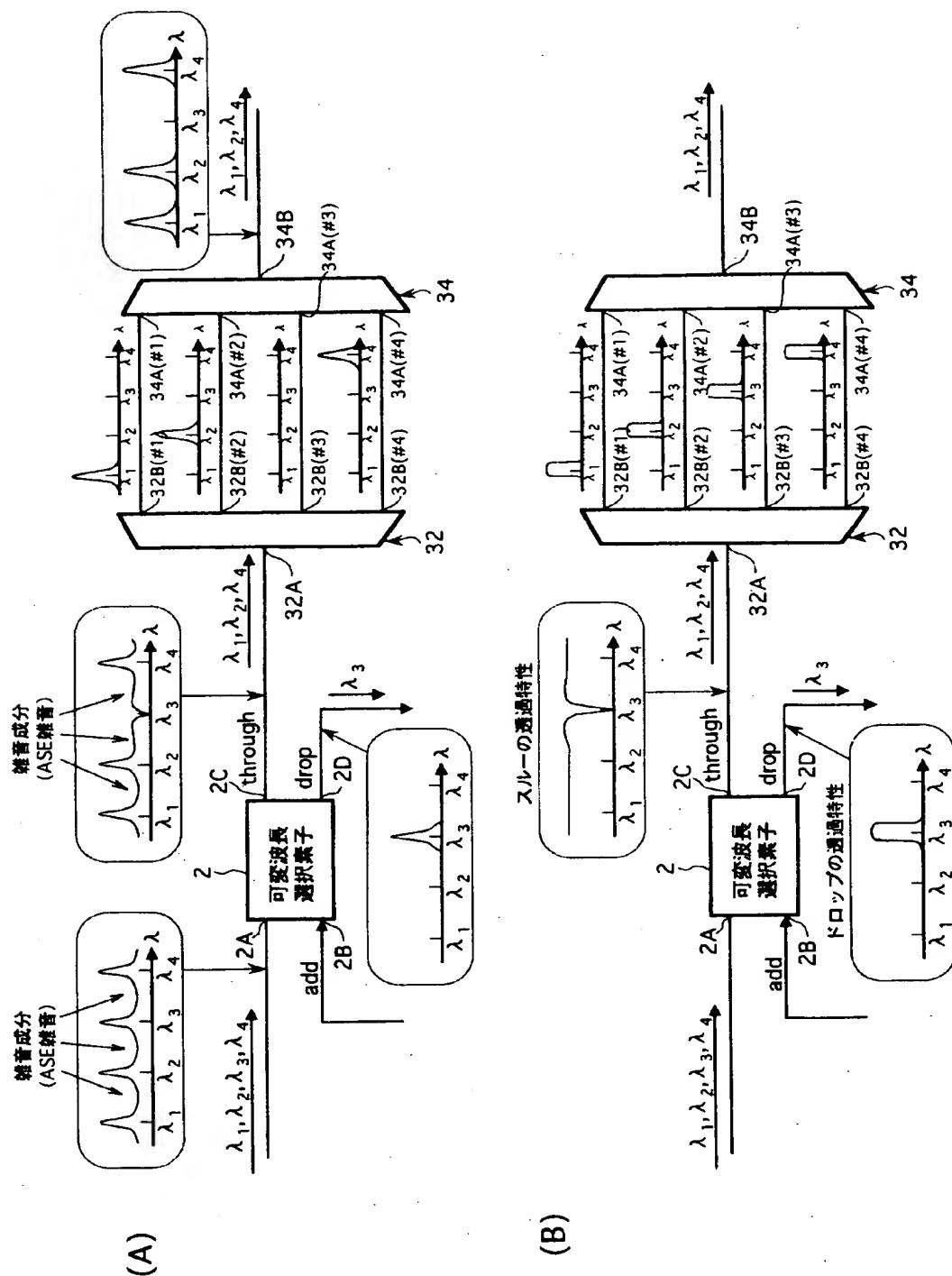
【図5】



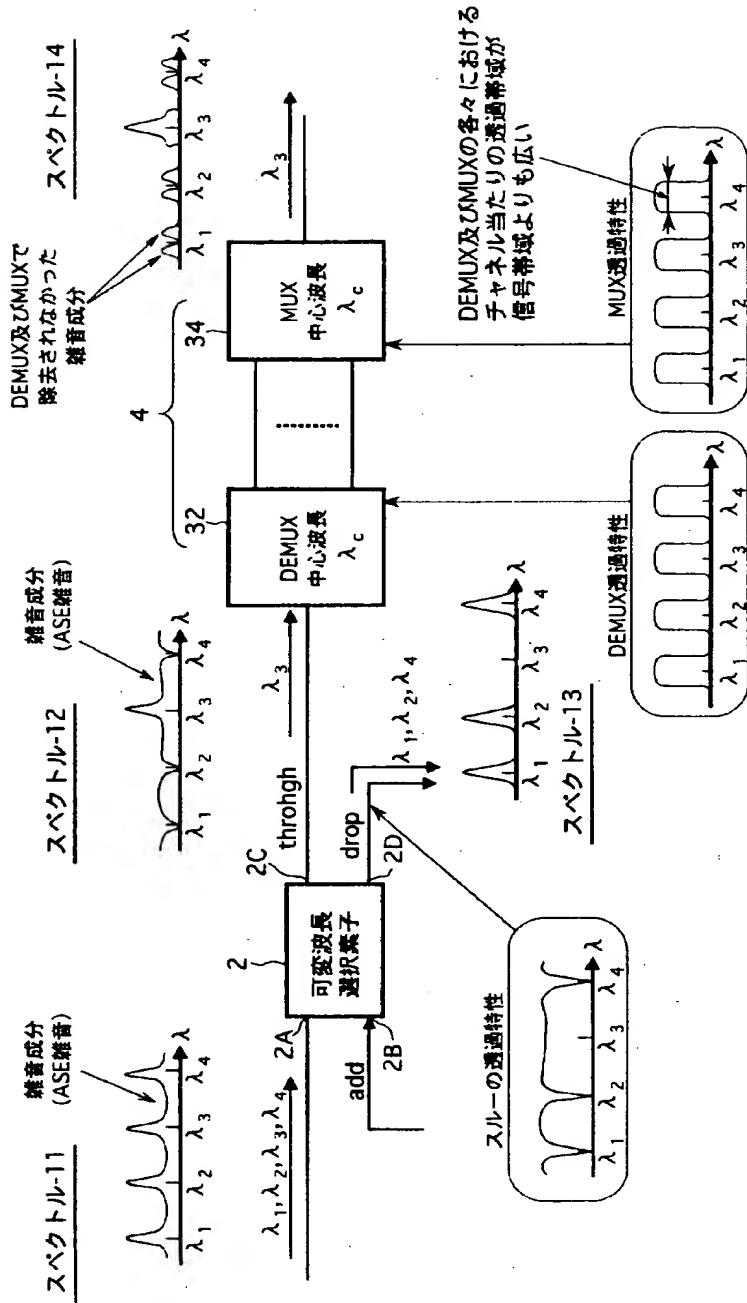
【図6】



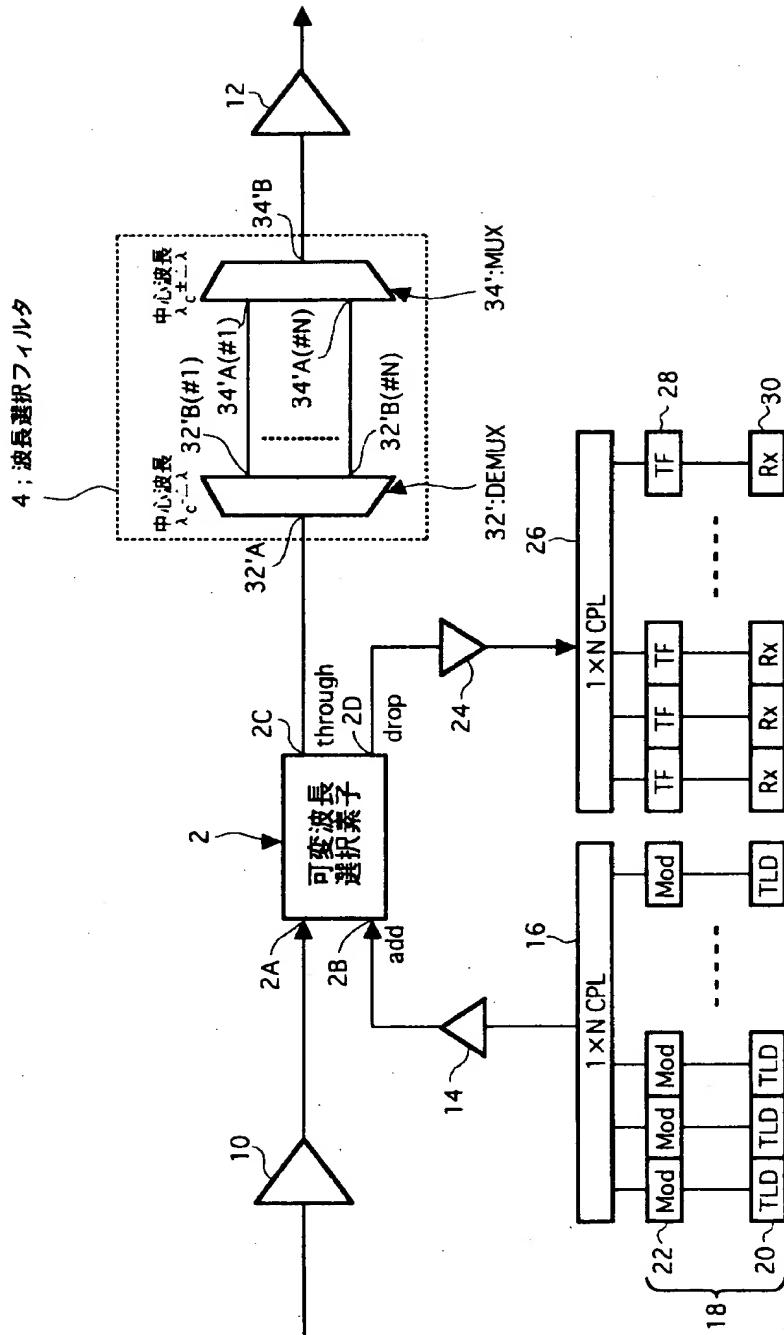
【図7】



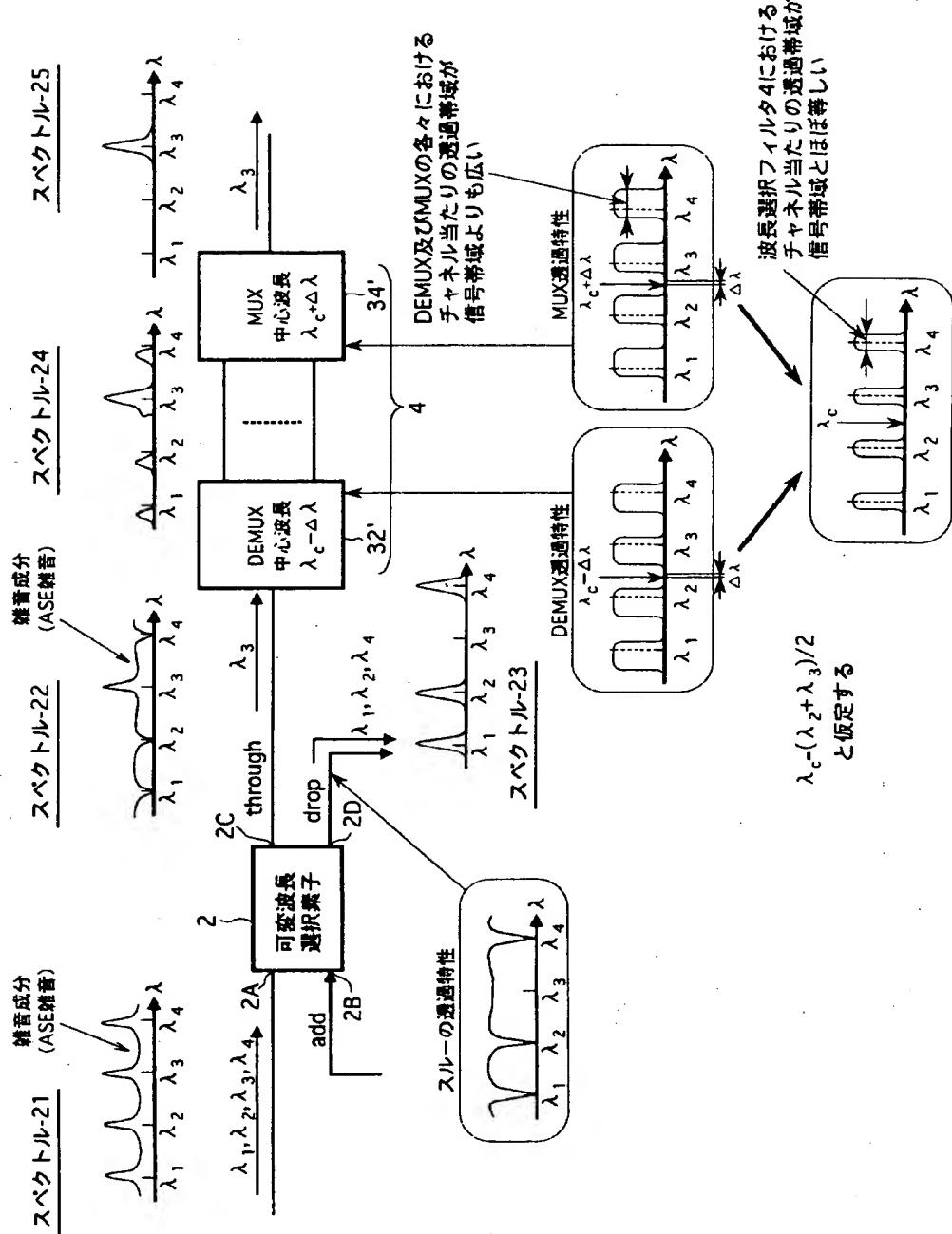
【図8】



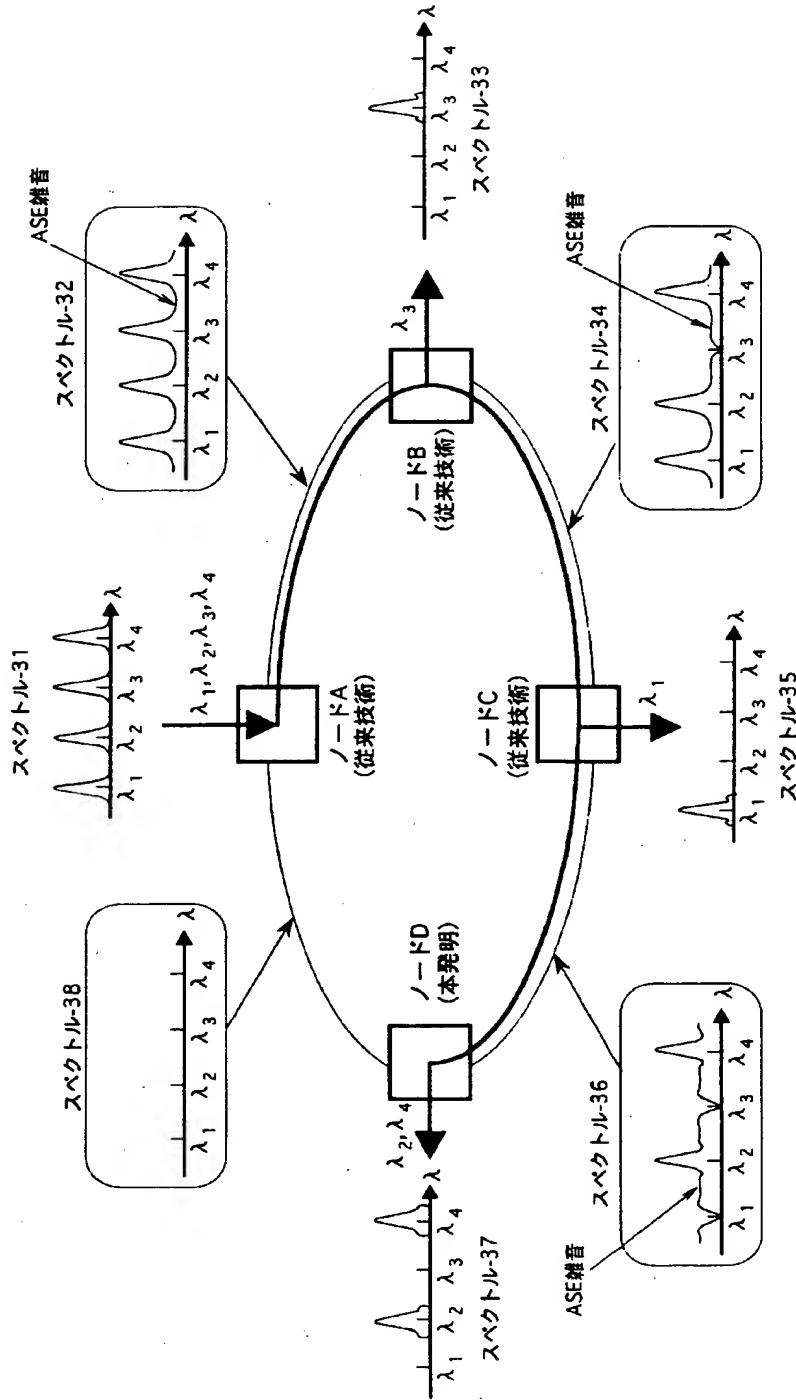
【図9】



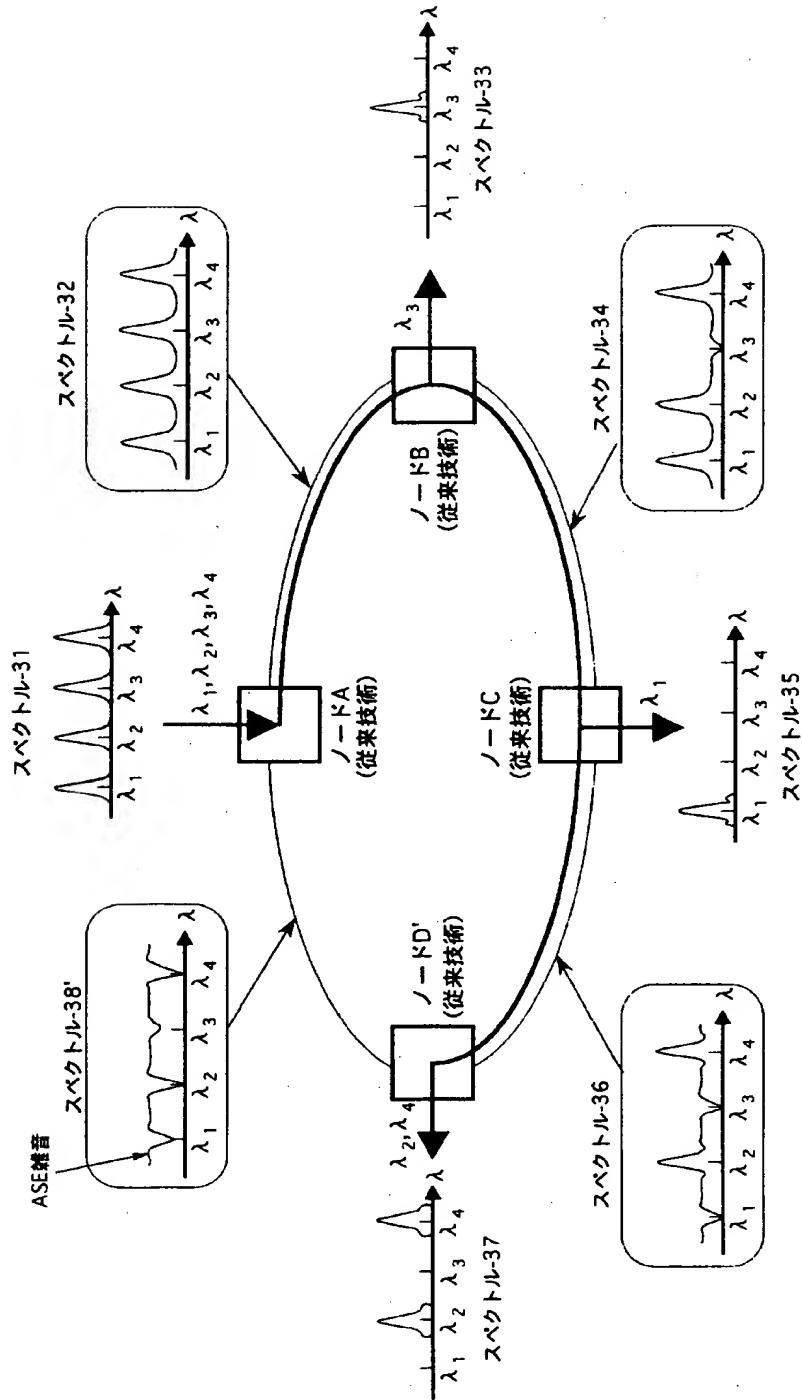
【図10】



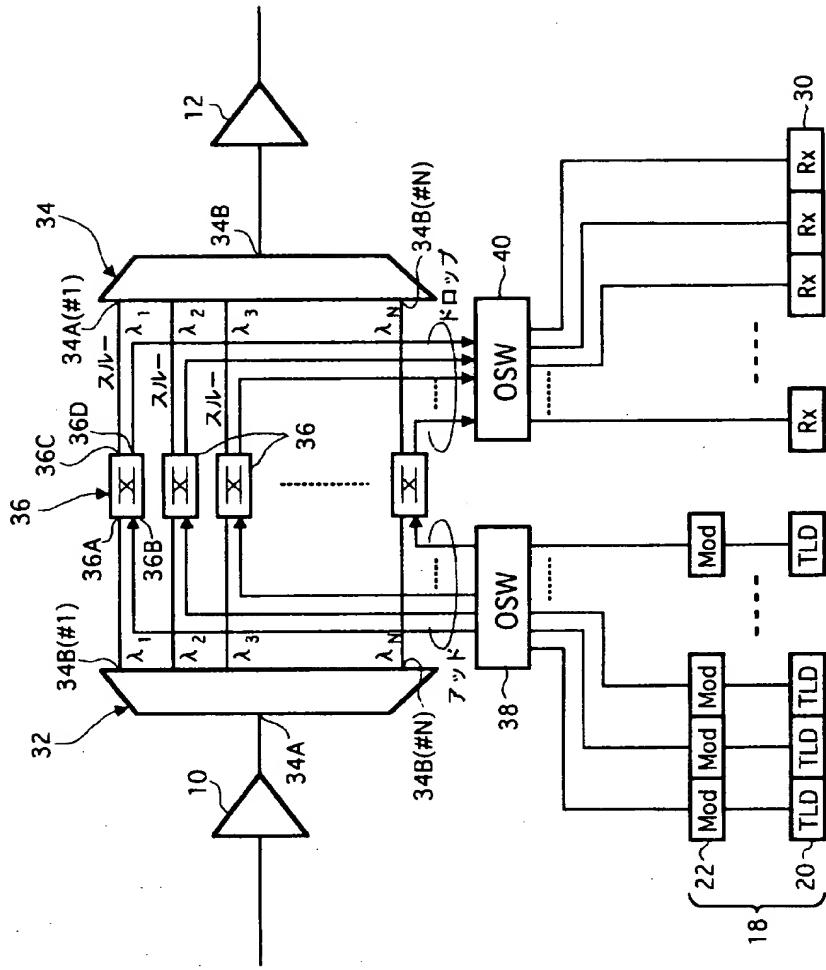
【図11】



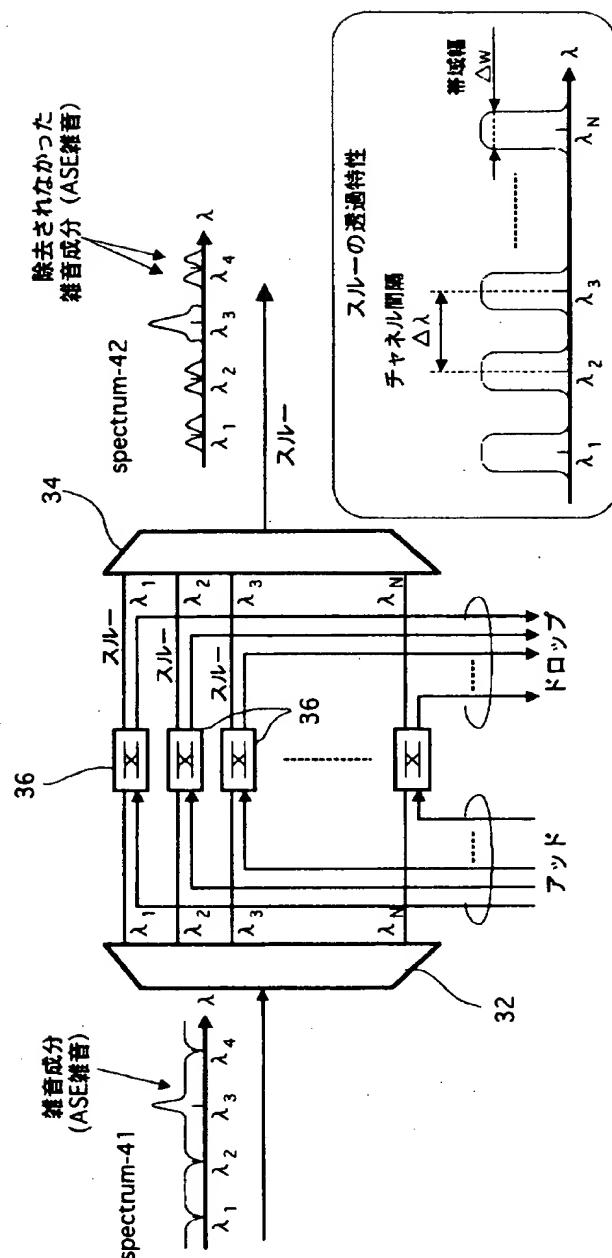
【図12】



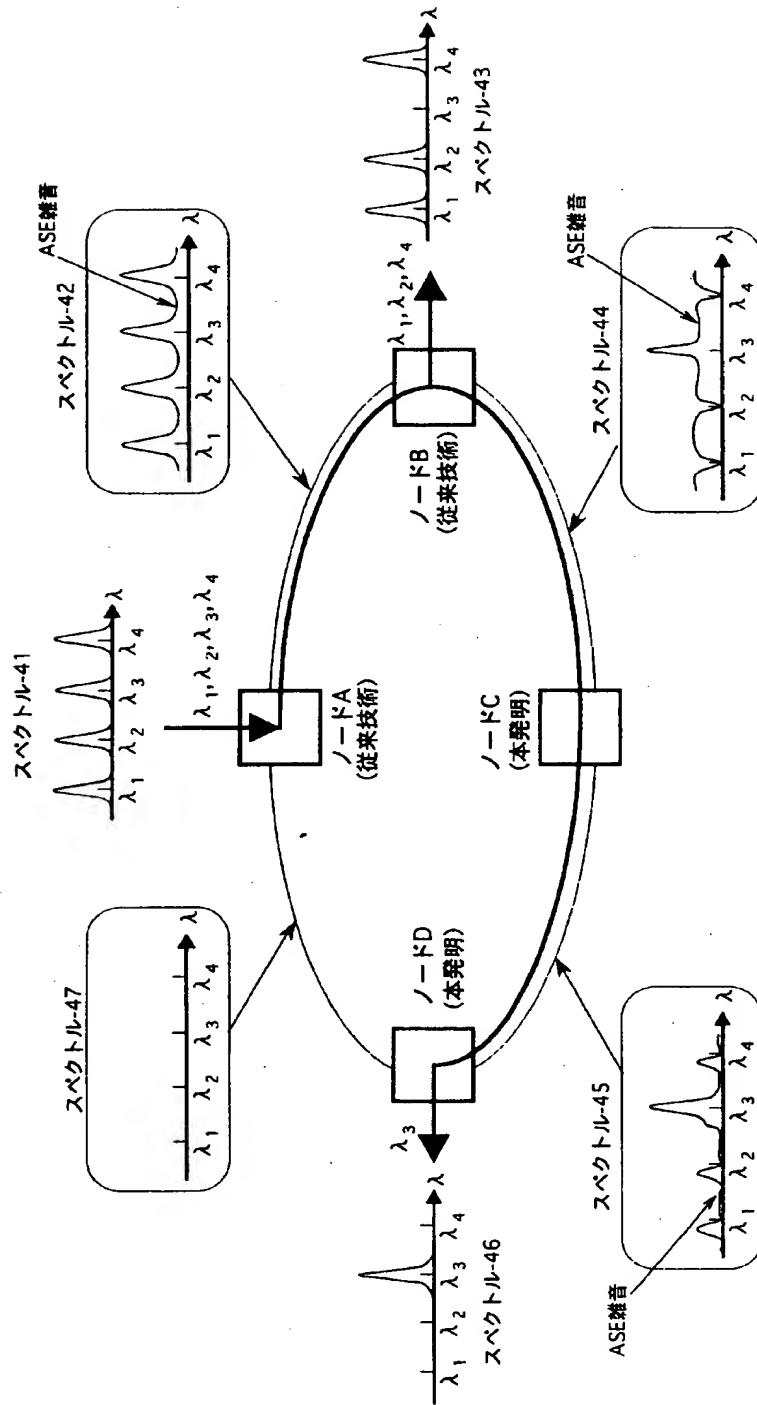
【図13】



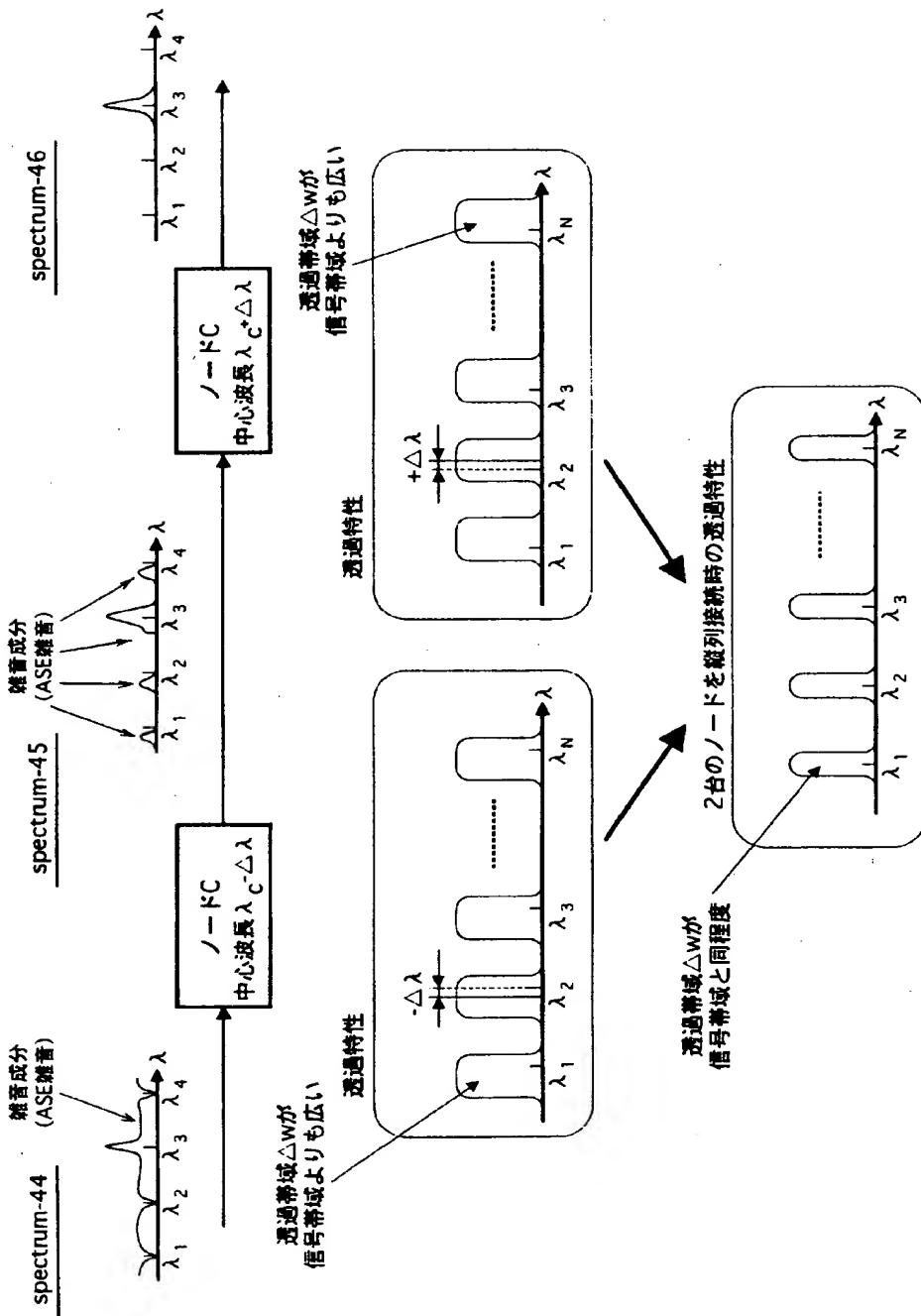
【図14】



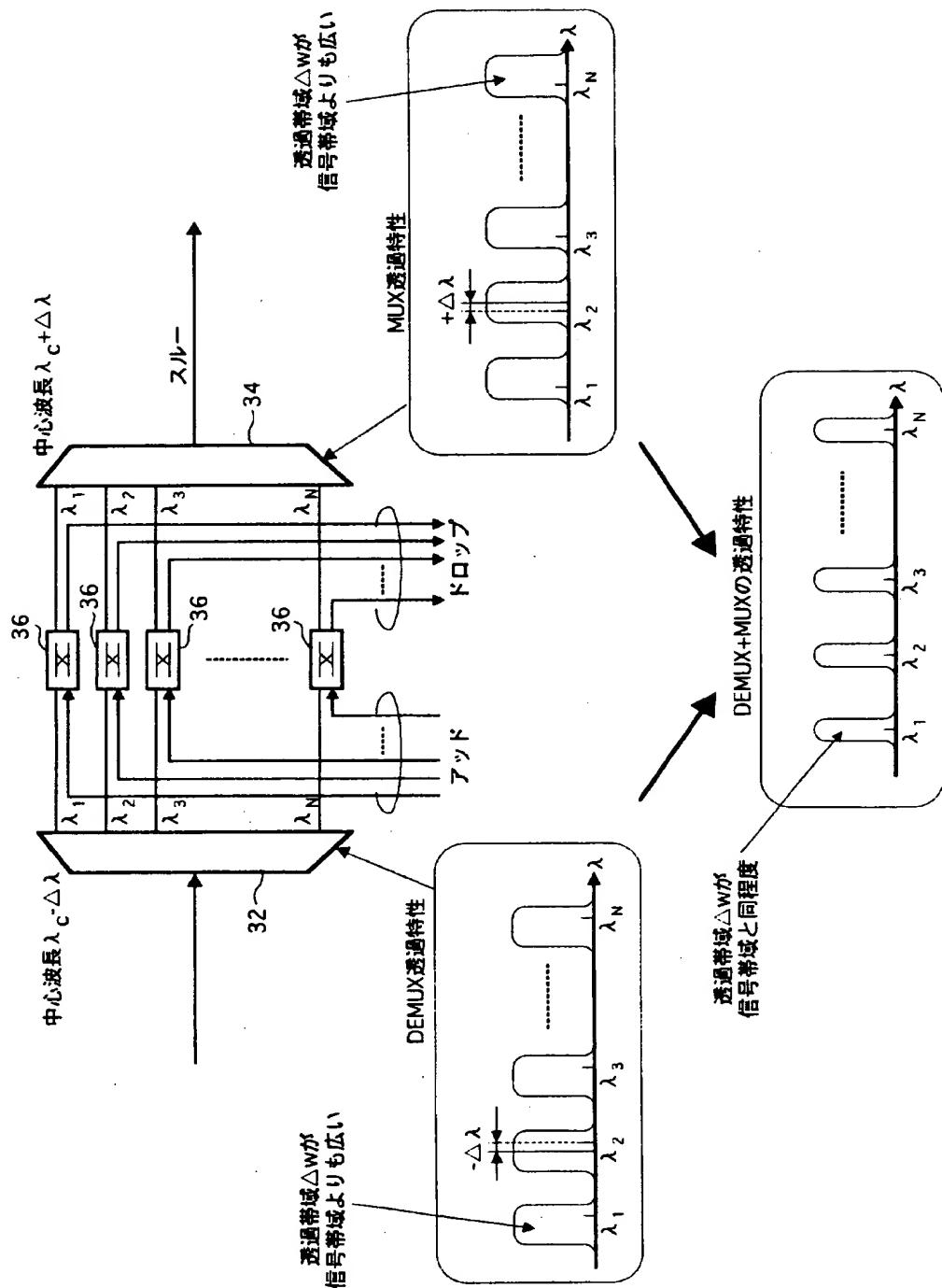
【図15】



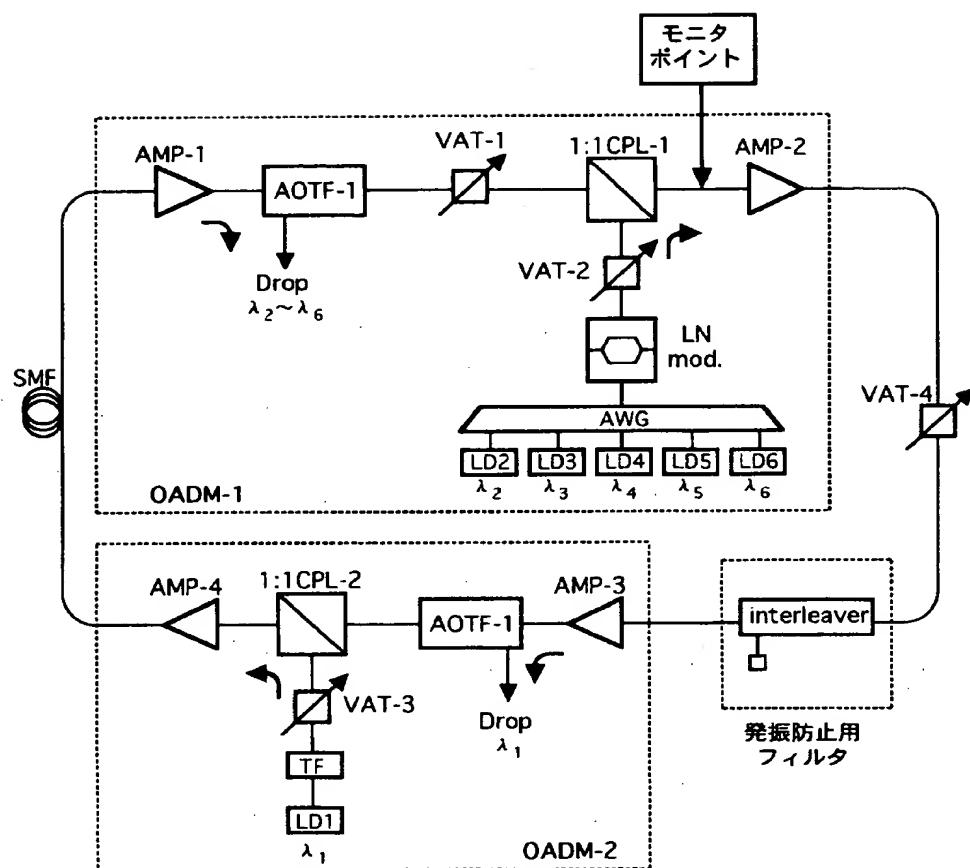
【図16】



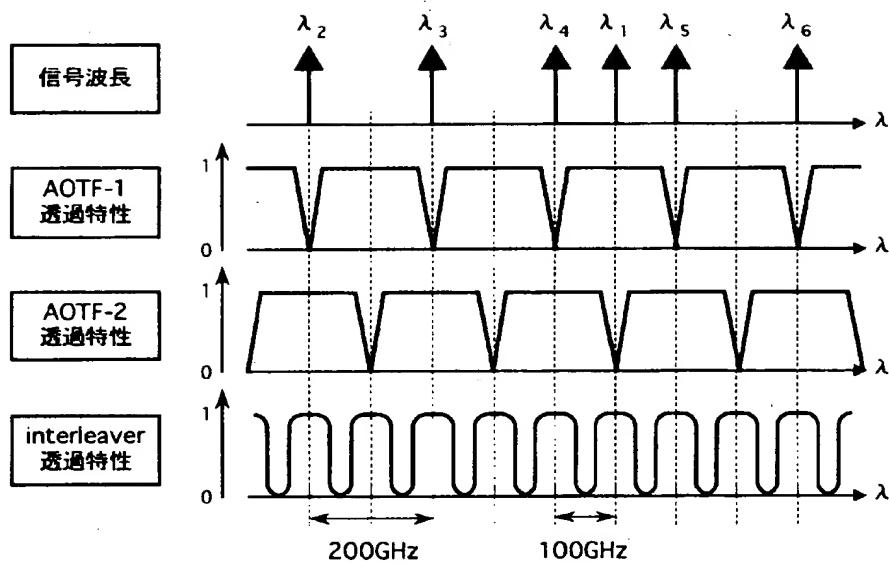
【図17】



【図18】

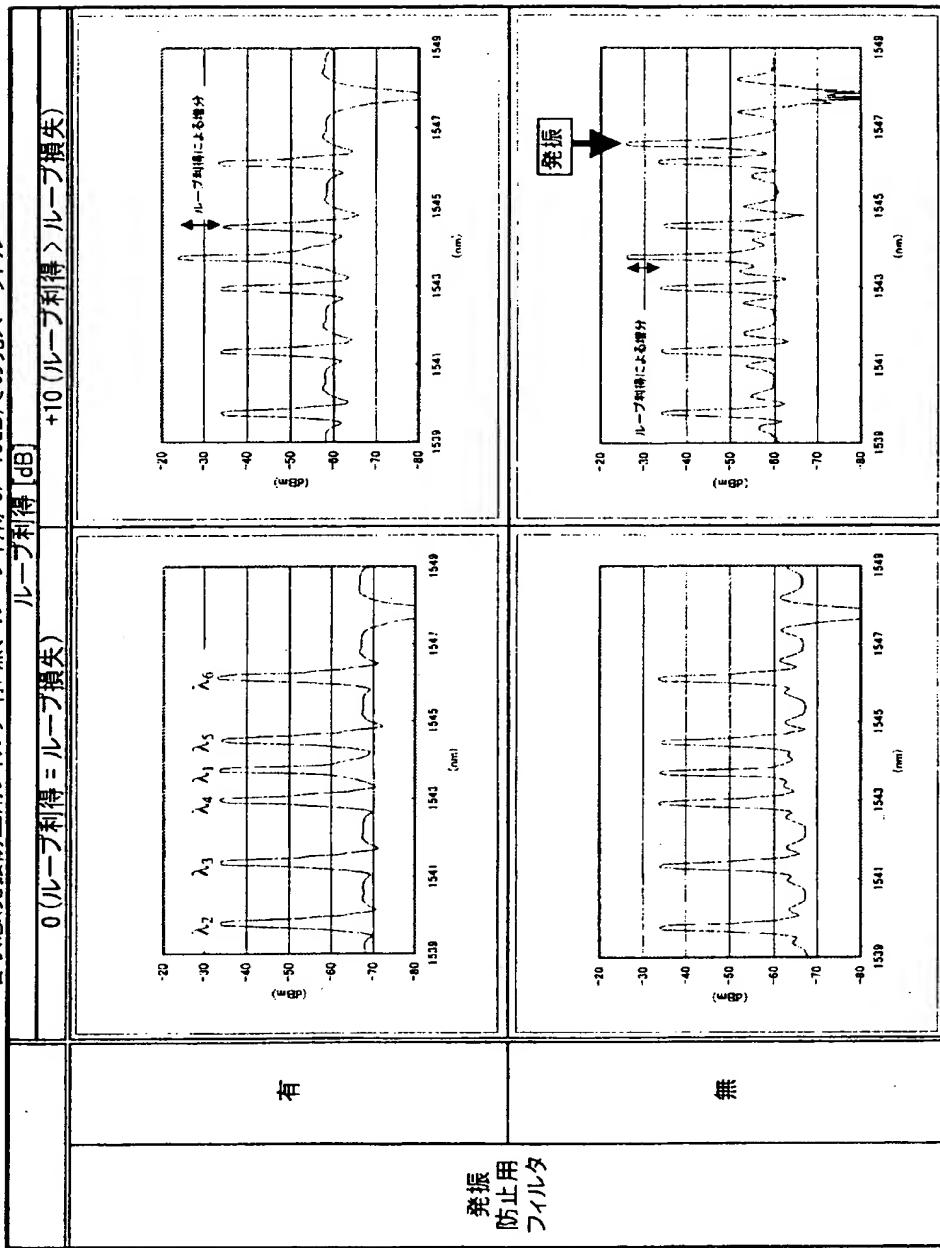


【図19】



【図20】

各状態(発振防止用フィルタ 有/無、ループ利得 0/+10dB)での光スペクトル



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 本発明は光ノード装置及びその装置を備えたシステムに関し、光リンクネットワークにおける光パワーの発振を防止することが主な課題である。

【解決手段】 本発明の光ノード装置は、光ファイバによって提供される閉ループを含む光ネットワークに適用される。この光ノード装置は、異なる波長を有する複数の光信号を波長分割多重して得られたWDM信号光を供給され、上記WDM信号光から少なくとも1つの光信号を分離する機能及び上記WDM信号光の少なくとも1つの空き波長チャネルに少なくとも1つの光信号を挿入する機能を有する可変波長選択素子と、上記可変波長選択素子に光学的に接続され、上記少なくとも1つの光信号の信号帯域を除く帯域で雑音を除去する波長選択フィルタとを備えている。この構成によると、信号帯域を除く帯域で雑音を除去する波長選択フィルタを採用しているので、閉ループにおける発振が防止される。

【選択図】 図4

出願人履歴情報

識別番号 [000005223]

1. 変更年月日 1996年 3月26日
[変更理由] 住所変更
住 所 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
氏 名 富士通株式会社